



**POLITÉCNICA**



**ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA  
TÉCNICA DE TELECOMUNICACIÓN**

---

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**

*Requisitos en la infraestructura de red para servicios de  
comunicación entre paciente y centro sanitario*

**David Baños Expósito**

**Septiembre 2013**



**Departamento de Ingeniería y Arquitecturas Telemáticas**

## *Requisitos en la infraestructura de red para servicios de comunicación entre paciente y centro sanitario*



## PROYECTO FIN DE CARRERA PLAN 2000

E.U.I.T. TELECOMUNICACIÓN

**TEMA:** REDES TELEMÁTICAS

**TÍTULO:** REQUISITOS EN LA INFRAESTRUCTURA DE RED PARA SERVICIOS DE COMUNICACIÓN ENTRE PACIENTE Y CENTRO SANITARIO

**AUTOR:** DAVID BAÑOS EXPÓSITO

**TUTOR:** IVÁN PAU DE LA CRUZ

**Vº Bº.**

**DEPARTAMENTO:** DIATEL



**Miembros del Tribunal Calificador:**

**PRESIDENTE:**

**VOCAL:**

**VOCAL SECRETARIO:**

**DIRECTOR:**

**Fecha de lectura:**

**Calificación:**

**El Secretario,**

### RESUMEN DEL PROYECTO:

El presente Proyecto Fin de Carrera consiste en un estudio de los accesos a red que utilizan los servicios a los que están adscritos los usuarios de servicios de teleasistencia, planteando al final del mismo un modelo de previsión de caídas que permita que ese acceso a red no sea un problema para la prestación del servicio.

Para ello se expondrán las generalidades de los servicios de telemedicina y teleasistencia, qué tipos hay y cuáles son sus necesidades, los actores que intervienen, los equipos implicados y las redes más comunmente utilizadas y que pueden beneficiar la implantación de este tipo de servicios. También se explicará la forma de garantizar la prestación de esos servicios por parte de los proveedores de red, y cómo asegurar su supervisión desde el lado del paciente y del proveedor de servicios de salud.

Este libro está dedicado a Miriam, por su continuo apoyo y por soportarme en los altibajos de la carrera.

A mi hermano José Manuel, el principal responsable de que terminara recalando en el mundo de las telecomunicaciones.

Por último, a David Martín, por darme buenos consejos que muchas veces ignoro y no debería.

## **Resumen**

El presente Proyecto Fin de Carrera consiste en un estudio de los accesos a red que utilizan los servicios a los que están adscritos los usuarios de servicios de teleasistencia, planteando al final del mismo un modelo de previsión de caídas que permita que ese acceso a red no sea un problema para la prestación del servicio.

Para poder llegar a los objetivos anteriormente descritos, iniciaremos este documento presentando qué se entiende actualmente como servicios de telemedicina y teleasistencia. Prestaremos atención a los actores que intervienen, usos y beneficios que tienen tanto para los pacientes como para las administraciones públicas.

Una vez sepamos en qué consisten, centraremos la atención en las redes de acceso que se utilizan para prestar los servicios de telemedicina, con sus ventajas y desventajas. Puesto que no todos los servicios tienen los mismos requisitos generales de fiabilidad o velocidad de transmisión, veremos cómo se puede garantizar las necesidades de cada tipo de servicio por parte del proveedor de red.

El siguiente paso para llegar a establecer el modelo de previsión de caídas será conocer las necesidades técnicas y de los actores para prestar un servicio de teleasistencia en el hogar de un paciente. Esto incluirá estudiar qué equipos se necesitan, cómo gestionarlos y cómo marcar el tráfico para que el operador de red sepa cómo tratarlo según el servicio de teleasistencia que se está utilizando, llevando a generar un modelo de supervisión de enlaces de teleasistencia.

Llegados a este punto estaremos ya preparados para establecer un modelo de previsión de caídas de la conexión, describiendo la lógica que se necesite para ello, y poniéndolo en práctica con dos ejemplos concretos: un servicio de telemonitorización domiciliaria y otro servicio de telemonitorización ambulatoria.

Para finalizar, realizaremos una recapitulación sobre lo estudiado en este documento y realizaremos una serie de recomendaciones.

## **Resumen**

This Thesis is a study of the access network to be used with services assigned to patients that are users of telecare services. In the last chapter we will describe a fall forecasting model that allows the access network to not be an issue for the service.

For achieving the objectives described above, this paper will begin with the presentation of what is now understood as telemedicine and telecare services. We pay attention to the actors involved, uses and benefits that they have both for patients and for public administrations.

Once we know what telecare means and what requisites they have, we will focus on access networks which are used to provide telemedicine services, with their advantages and disadvantages. Since not all services have the same general requirements of reliability and transmission speed, we will try to see how you can ensure the needs of each type of service from the network provider's point of view.

The next step is to establish that the forecasting model of falls will meet the technical needs and actors to provide telecare service in the home of a patient. This will include a study of what equipment is needed, how to manage and how to mark traffic for the network operator knowing how to treat it according to the telecare service being used, and this will lead us to the creation of a model of telecare link monitoring.

At this point we are already prepared to establish a forecasting model of connection drops, describing the logic that is needed for this, and putting it into practice with two concrete examples: telemonitoring service and an ambulatory telemonitoring service.

Finally, we will have a recap on what has been studied in this paper and will make a series of recommendations.

# Índice de contenidos

<b>1.- Introducción</b>	<b>10</b>
1.1.- Objetivos	12
1.2.- Estructura del documento	14
<b>2.- Servicios de telemedicina y teleasistencia</b>	<b>15</b>
2.1.- Servicios de telemedicina	16
2.1.1.- Teleasistencia	17
2.1.2.- Beneficios de un servicio de telemedicina	18
2.1.3.- Limitaciones de la telemedicina	19
2.2.- Modelo general de telemedicina	21
2.2.1.- Descripción de los servicios de telemedicina y teleasistencia	23
2.2.1.1.- Componentes de un servicios de telemedicina y teleasistencia	24
2.2.1.2.- Tipos de servicios de telemedicina	26
2.2.1.3.- Clasificación por servicios de teleasistencia	30
2.2.1.4.- Características de un servicio de telemedicina	31
2.3.- Cómo evaluar la viabilidad de un sistema de telemedicina	40
2.3.1.- Modelo de cuantificación de éxito en un sistema de telemedicina	42
2.4.- Situación actual en el mundo de los servicios de telemedicina	45
2.4.1.- Problemas de los servicios internacionales de telemedicina	45
2.4.2.- Un rápido vistazo al estado de los servicios de salud en el mundo	46
2.4.2.1.- América	46
2.4.2.2.- Europa	46
2.5.- Proveedores de servicios de salud	48
2.5.1.- Personal y equipamiento	48
2.5.2.- Licencias y certificaciones	49
2.5.3.- Interoperabilidad	49
2.5.4.- Infraestructura de red	51
2.6.- Proveedores de red	52
2.6.1.- Servicios de teleasistencia de proveedores de red en España	53
2.7.- Caracterización de los usuarios	54
2.7.1.- Pacientes	54
2.7.2.- Cuidadores informales	56
2.8.- Casos de estudio	57
2.8.1.- Servicio de teleasistencia en el hogar	58
2.8.2.- Servicio de teleasistencia fuera del hogar	62
<b>3.- Redes telemáticas para provisión de servicios</b>	<b>65</b>
3.1.- Tipos de redes de acceso	66
3.1.1.- Acceso telefónico	66
3.1.2.- DSL	67
3.1.2.1.- RDSI	67
3.1.2.2.- ADSL	67

3.1.2.3.- VDSL	69
3.1.2.4.- xDSL	70
3.1.3.- FTTH	71
3.1.4.- HFC	72
3.1.5.- WiFi	73
3.1.6.- Accesos inalámbricos de área extensa	74
3.2.- <i>Seguridad en redes de computadoras</i>	76
3.2.1.- Elementos de una infraestructura segura para telemedicina	76
3.3.- <i>Calidad de servicio (QoS)</i>	78
3.3.1.- Parámetros de estudio para garantizar la calidad de servicio	79
3.3.2.- Arquitecturas definidas para garantizar Calidad de Servicio	81
3.3.2.1.- Servicios Integrados (IntServ)	83
3.3.2.2.- Servicios Diferenciados (DiffServ)	84
3.3.3.- Clasificación de los tipos de tráfico en telemedicina y QoS	86
3.4.- <i>Parámetros de estudio de un enlace</i>	89
3.4.1.- Parámetros genéricos	89
3.4.2.- Parámetros específicos	89
3.4.2.1.- Redes de conmutación de circuitos	89
3.4.2.2.- Redes de conmutación de paquetes	90
3.5.- <i>Estado actual de la infraestructura de redes en España</i>	92
3.5.1.- Tecnologías de acceso	93
3.5.1.1.- Banda ancha para servicios de telemedicina en España	100
3.5.2.- Seguridad redes públicas en España	101
3.5.3.- Calidades de servicio en España	102
<b>4.- Acceso a red en los servicios de teleasistencia</b>	<b>106</b>
4.1.- <i>Análisis de requisitos</i>	107
4.1.1.- Contexto	107
4.1.2.- Requisitos	108
4.1.2.1.- Requisitos de los actores	108
4.1.2.2.- Requisitos de la red de acceso	109
4.2.- <i>Supervisión del canal</i>	111
4.2.1.- Sistemas de gestión de red	111
4.2.1.1.- Internet Control Message Protocol (ICMP)	111
4.2.1.2.- Protocolo simple de gestión de red (SNMP)	112
4.2.1.3.- Riesgos de seguridad de SNMP	114
4.2.1.4.- Remote Network Monitoring (RMON)	115
4.2.1.5.- SNMP en teleasistencia	115
4.2.1.6.- Supervisión de red en entornos móviles	117
4.2.2.- Parámetros de supervisión para garantizar disponibilidad de acceso a red	118
4.2.3.- DSCP para garantizar calidad de servicio en telemedicina	120
4.2.3.1.- Tipos de tráfico de aplicaciones	120
4.2.3.2.- Asignación de DSCP por tipo de aplicación	121
4.2.3.3.- DSCP en redes cableadas	122
4.2.3.4.- DSCP en redes móviles	123



<b>4.3.- Modelo de supervisión de enlaces de teleasistencia</b>	<b>125</b>
4.3.1.- Descripción general del modelo de teleasistencia	125
4.3.2.- Equipo terminal	127
4.3.2.1.- Eventos	127
4.3.2.2.- Equipos de monitorización del proveedor de servicios	128
4.3.3.- Sistema de atención domiciliaria	129
4.3.3.1.- Toma de decisiones	129
4.3.3.2.- Transmisión de información	130
4.3.3.3.- Marcado de tráfico	130
4.3.3.4.- Seguridad	130
4.3.4.- Red de acceso	131
 <b>5.- Modelo de previsión de caídas de la conexión</b>	 <b>134</b>
5.1.- Modelo de previsión de caídas en la red de acceso	135
5.1.1.- Descripción general del modelo	135
5.1.1.1.- Módulo de previsión de caída de la conexión	135
5.1.1.2.- Algoritmo de previsión de caída (PrevCaída)	137
5.1.1.3.- Protocolo de actuación de previsión de caída	138
5.2.- Casos de estudio	140
5.2.1.- Metodología utilizada	140
5.3.- Servicio de telemonitorización domiciliaria	142
5.3.1.- Requisitos	142
5.3.1.1.- Servicios de teleasistencia ofrecidos	142
5.3.1.1.1.- Parametrización de los servicios ofrecidos	143
5.3.1.1.2.- Consideraciones adicionales	144
5.3.1.2.- Red de acceso	144
5.3.2.- Arquitectura del servicio	145
5.3.2.1.- Modelo de red	145
5.3.2.2.- Modelo de comunicación	145
5.3.3.- Marcado de tráfico	147
5.3.4.- Estructura del MIB e identificación de OIDs	147
5.3.4.1.- Descripción del MIB	148
5.3.5.- Alarmas	148
5.3.6.- Gestores de SNMP	149
5.3.7.- Previsión de caída de la conexión	150
5.4.- Servicio de telemonitorización ambulatoria	152
5.4.1.- Requisitos	152
5.4.1.1.- Servicios de teleasistencia ofrecidos	152
5.4.1.1.1.- Parametrización de los servicios ofrecidos	152
5.4.1.1.2.- Consideraciones adicionales	153
5.4.1.2.- Red de acceso	153
5.4.2.- Arquitectura del servicio	154
5.4.2.1.- Modelo de red	154
5.4.2.2.- Modelo de comunicación	154
5.4.3.- Marcado de tráfico	155

5.4.4.- Estructura del MIB e identificación de OIDs	156
5.4.4.1.- Descripción del MIB	157
5.4.5.- Alarmas	158
5.4.6.- Gestores de SNMP	158
5.4.7.- Previsión de caída de la conexión	159
<b>6. Conclusiones</b>	<b>160</b>
6.1. <i>Recapitulación</i>	160
6.2. <i>Recomendaciones</i>	162
<b>Anexo I: Referencias</b>	<b>164</b>

# Imágenes

## Capítulo 2

Figura 2.1: Modelo general de un servicio de telemedicina	20
Figura 2.2: Componentes de un servicio de teleasistencia	25
Figura 2.3: Evaluación del grado de éxito de la telemedicina	41
Figura 2.4: Modelo revisado para la evaluación del éxito de la telemedicina	42
Figura 2.5: países participantes en pruebas piloto del programa epSOS	46
Figura 2.6: Caso de estudio: teleasistencia domiciliaria	57
Figura 2.7: Caso de estudio: teleasistencia ambulatoria	62

## Capítulo 3

Figura 3.1: Esquema de acceso telefónico a Internet	65
Figura 3.2: Esquema de acceso a red ADSL	67
Figura 3.3: Acceso a red mediante FTTH	71
Figura 3.4: Red de acceso mediante HFC	72
Figura 3.5: Cabecera de DiffServ para QoS	83
Figura 3.6: Accesos a banda ancha por provincia en 2011	95
Figura 3.7: Penetración xDSL en España en 2011	95
Figura 3.8: Centrales FTTH en España en 2011	96
Figura 3.9: Penetración HFC en España en 2011	96
Figura 3.10: Implantación FTTH y HFC en España en 2011	96
Figura 3.11: Distribución de estaciones 3G en España en 2011	97

## Capítulo 4

Figura 4.1: ITU-T E.800: Calidad de servicio de extremo a extremo	107
Figura 4.2: Ejemplo de arquitectura SNMP	111
Figura 4.3: Ejemplo de jerarquía de MIBs de SNMP	115
Figura 4.4: Ejemplo de OIDs extraídos del MIB del router Cisco 6200	116
Figura 4.5: Ejemplo de red SNMP gestionada desde un smartphone Android	117
Figura 4.6: Modelo para asegurar la prestación de un servicio de teleasistencia	124
Figura 4.7: Ejemplo de OIDs para supervisión de la salud de equipos Cisco.	132

## Capítulo 5

Figura 5.1: Modelo general de red sobre el que asegurar la previsión de caídas	134
--	-----

Figura 5.2: Toma de decisión genérica de previsión de caída	135
Figura 5.3: Modelo de sistema de monitorización móvil	141
Figura 5.4: Modelo de red para telemonitorización en casa de paciente	144
Figura 5.5: Modelo de comunicación para telemonitorización en casa de paciente	145
Figura 5.6: Componentes del sistema de teleasistencia domiciliaria	145
Figura 5.7: Toma de decisión en servicio de teleasistencia domiciliaria	149
Figura 5.8: Modelo de sistema de monitorización móvil	151
Figura 5.9: Modelo de red para telemonitorización en casa de paciente	153
Figura 5.10: Componentes del sistema de teleasistencia ambulatoria	154
Figura 5.11: Toma de decisión en servicio de telemonitorización ambulatoria	159

# Tablas

## Capítulo 2

Tabla 2.1: Beneficios a la sociedad de un servicio de telemedicina	17
Tabla 2.2: Componentes para la transmisión de información en un servicio de telemedicina	25
Tabla 2.3: Clasificación en el tiempo	27
Tabla 2.4: Clasificación por aplicación	27
Tabla 2.5: Clasificación por especialidad médica	29
Tabla 2.6: Clasificación por servicio de teleasistencia	30
Tabla 2.7: Clasificación por tipo de información transportada	31
Tabla 2.8: Velocidad por tipo de conexión y posibles usos	33
Tabla 2.9: Tamaño aproximado de archivos médicos	34
Tabla 2.10: Necesidades de velocidad en videoconferencias	35
Tabla 2.11: Clasificación servicios telemedicina por velocidad de línea.	35
Tabla 2.12: Clasificación de un servicio de telemedicina por su fiabilidad	36
Tabla 2.13: Clasificación de un servicio de telemedicina por su disponibilidad	37
Tabla 2.14: Clasificación de un servicio de telemedicina por la confidencialidad de la información	38
Tabla 2.15: Estudio sobre aspectos importantes para pacientes mayores de un servicio	55

## Capítulo 3

Tabla 3.1: Parámetros de conexiones ADSL	68
Tabla 3.2: Parámetros de conexiones ADSL2+	68
Tabla 3.3: Velocidades y alcance de enlaces VDSL	69
Tabla 3.4: Parámetros de conexiones VDSL2	69
Tabla 3.5: Comparativa de tecnologías xDSL	71
Tabla 3.6: Velocidades de acceso WiFi	74
Tabla 3.7: Velocidades de accesos inalámbricos	75
Tabla 3.8: Características para proporcionar calidad de servicio	81
Tabla 3.9: Tipos de tráfico y problemas asociados	86
Tabla 3.10: Tipos de servicios de telemedicina y requisitos de QoS genéricos	86
Tabla 3.11: Tipos de servicios de telemedicina y requisitos de retardo y jitter	87
Tabla 3.12: Parámetros de estudio de diferentes tipos de acceso a red	90
Tabla 3.13: Números de líneas de banda ancha en 2013	94
Tabla 3.14: Información de las ofertas de las operadoras en España	98
Tabla 3.15: Información de ofertas móviles en España	99
Tabla 3.16: Valores de precedencia y QoS establecidas en España	103

## Capítulo 4

Tabla 4.1: Requisitos de los actores en un servicio de telemedicina	108
Tabla 4.2: Parámetros de estudio de los tipos de acceso	119
Tabla 4.3: Características de los tipos de servicios soportados por DiffServ	121
Tabla 4.4: DSCP para servicios de telemedicina basado en DiffServ	122
Tabla 4.5: DSCP para servicios de teleasistencia	123
Tabla 4.6: Resumen de necesidades de los actores	126
Tabla 4.7: Sugerencia de clasificación de alarmas para telemedicina	127
Tabla 4.8: Tipos de redes de acceso apropiados para los tipos de servicios de teleasistencia	131

## Capítulo 5

Tabla 5.1: Requisitos generales de los servicios utilizados en caso de estudio domiciliario	143
Tabla 5.2: Requisitos de QoS de los servicios utilizados en caso de estudio domiciliario	143
Tabla 5.3: Requisitos específicos de parámetros de línea en caso de estudio domiciliario	143
Tabla 5.4: DSCP para servicios de telemedicina basado en DiffServ	147
Tabla 5.5: Requisitos generales de los servicios utilizados en caso de estudio ambulatorio	153
Tabla 5.6: Requisitos de QoS de los servicios utilizados en caso de estudio ambulatorio	153
Tabla 5.7: Requisitos específicos de parámetros de línea en caso de estudio ambulatorio	153
Tabla 5.8: DSCP para servicios de telemedicina basado en 3GPP	155

# Capítulo 1

## *Introducción*

---

Una de las mayores preocupaciones de las personas es su salud. Es inevitable caer en algún momento de nuestras vidas enfermos, y cuando lo hacemos lo que queremos es sobrellevarlo en unas condiciones que no nos reduzca nuestra calidad de vida. En el caso de las enfermedades graves, la alteración de nuestra vida cotidiana puede implicar visitas diarias a los hospitales o centros de salud para realizar un seguimiento de constantes fisiológicas básicas, que incluyen aquellas que se pueden medir sin métodos invasivos para el cuerpo humano como pueda ser la presión arterial, temperatura o ritmo cardíaco.

La telemedicina pretende aportar las herramientas necesarias para que ese tipo de personas enfermas puedan sobrellevar su enfermedad con una mayor calidad de vida [EHEALTH]. Aporta equipos y personal para llevar ese control del paciente desde su propio hogar, con lo que los desplazamientos a los centros de salud se reducen.

Para poder prestar esos servicios a los pacientes, uno de los problemas a los que se enfrenta la telemedicina es la falta de estándares técnicos que estén ampliamente adoptados por todos los implicados en los distintos tipos de servicios médicos, independientemente de quién los proporcione y quién se beneficie de ellos. Esta falta de estándares comunes puede imposibilitar el intercambio correcto de información médica entre distintos proveedores de servicios de salud, o incluso entre distintos proyectos de telemedicina de una misma institución de investigación. Estos servicios médicos requieren hoy en día estar conectados a una red, ya sea interna o pública como Internet, de mayor o menor calidad según la información a intercambiar.

En el apartado tecnológico también podemos encontrarnos con la dificultad de aceptar, por parte del usuario final, estos servicios médicos a distancia. Sobre todo por no poder asegurar que, cuando se les vaya a necesitar, estos servicios van a funcionar correctamente. No es raro que en las residencias de los pacientes las conexiones a Internet fallen pese a haberse mejorado en los últimos años en el apartado de la estabilidad de los enlaces.

En el Tercer Estudio sobre la Calidad de los Operadores de Internet en España de 2013, la mayoría de las operadoras tienen un porcentaje de fallos en el acceso inferior al 1 por ciento, con interrupciones de las conexiones ADSL que van desde el 0.018 al 0.308 por ciento del tiempo [TERINTER]. Viendo este dato desde otro punto de vista, significa que, de media, nos encontramos sin acceso a Internet entre dos horas y 27 horas cada año dependiendo del proveedor de servicio. Lejos quedan las constantes

quejas sobre las caídas del servicio y baja velocidad de conexión durante los primeros años de ADSL en España desde que se establecieron las primeras líneas en 1999 [INTER01].

Pero aun así, en los momentos de interrupción del servicio de Internet los usuarios pueden estar intranquilos al eliminarse la seguridad que les proporciona el saber que el servicio de teleasistencia vela las 24 horas del día por su salud [VAL08]. Por eso, una de las cosas que pretendemos en el presente Proyecto Final de Carrera (PFC) es asegurar la calidad de los enlaces estudiando diversas características según el tipo de conexión contratado.



## 1.1.- Objetivos

- Ser capaces de prever una caída del enlace principal hasta el hogar del paciente (normalmente una conexión de ADSL, aunque puede ser de cualquier otro tipo como una conexión de móvil mediante 3G, de fibra óptica, etc.), notificándolo al proveedor de servicios sanitarios para que actúe según los protocolos que tengan establecidos. Esto nos lleva a tomar medidas para garantizar que el medio de comunicación elegido para el servicio de telemedicina no sea un problema en la prestación de dicho servicio. Para ello analizaremos los enlaces en distintos puntos de la red y, al caracterizar con una serie de parámetros dichos enlaces dependientes del usuario o de la red, desarrollar un modelo de previsión de caídas.
- Usar esta previsión de caídas para levantar una línea de respaldo, con lo que adicionalmente se conseguiría mejorar la aceptación de los pacientes de los servicios de teleasistencia. Sobre todo en los más mayores y desconocedores del funcionamiento de la tecnología moderna, que en cuanto algo falla una vez se sentirán preocupados al pensar que en una situación grave el servicio sanitario pueda no estar disponible. Un miedo que queremos erradicar de las mentes de los usuarios de la telemedicina, asegurando que el usuario en todo momento conoce en qué estado de funcionamiento se encuentra el servicio.
- Asegurar que un paciente adscrito a un servicio de telemedicina o de teleasistencia va a tener una conectividad muy estable con poca conectividad con su proveedor de servicio, como puedan ser Cruz Roja o la administración pública. Pero hay que tener en cuenta que el acceso a la red la deben proporcionar las empresas de telefonía, y por ello son un agente fundamental en el escenario de la telemedicina y teleasistencia.
- En base a la información del estado de una línea, también seremos capaces de saber si un enlace es capaz de soportar sesiones de teleconsulta, de intercambio de información médica entre distintos centros sanitarios, etc., estableciendo una serie de criterios para distintos escenarios. No se requiere una conexión igual para enviar información de un electrocardiograma (ECG) para un paciente que está siendo supervisado tras sufrir un ataque al corazón que las imágenes de alta definición de una exploración de la piel por un dermatólogo.
- Ser capaces de mantener localizados a los pacientes cuando salen de sus hogares. La posibilidad de que se les pierda el rastro puede llegar a ser un problema tanto para ellos mismos como para sus familiares o cuidadores. En casos neurológicos o psiquiátricos, que el sistema proporcione información totalmente fiable sobre lo que está ocurriendo alrededor del paciente es fundamental.

Queremos analizar principalmente la línea que conecta a los pacientes con los proveedores de red, y

mediante su caracterización en diversos parámetros seremos capaces de hacer una previsión de posibles caídas, y también conocer el motivo por el cual la conexión puede cortarse, como pueda ser el que el paciente esté dando un paseo por el campo y vaya a salir de la zona de cobertura de su móvil, o que esté circulando con su coche y entre en un túnel. En estos casos habría que decidir si se debe informar a los cuidadores informales o familiares del paciente para que estén al tanto y no se preocupen a priori de que no le vayan a poder localizar. También es útil para informar al paciente que no quiera quedarse fuera de cobertura por si ocurriera alguna eventualidad.

## 1.2.- Estructura del documento

Para poder llegar a los objetivos anteriormente descritos, iniciaremos este documento presentando qué se entiende actualmente como servicios de telemedicina y teleasistencia. Prestaremos atención a los actores que intervienen, usos y beneficios que tienen tanto para los pacientes como para las administraciones públicas.

Una vez sepamos en qué consisten, centraremos la atención en las redes de acceso que se utilizan para prestar los servicios de telemedicina, con sus ventajas y desventajas. Puesto que no todos los servicios tienen los mismos requisitos generales de fiabilidad o velocidad de transmisión, veremos cómo se puede garantizar las necesidades de cada tipo de servicio por parte del proveedor de red.

El siguiente paso para llegar a establecer el modelo de previsión de caídas será conocer las necesidades técnicas y de los actores para prestar un servicio de teleasistencia en el hogar de un paciente. Esto incluirá estudiar qué equipos se necesitan, cómo gestionarlos y cómo marcar el tráfico para que el operador de red sepa cómo tratarlo según el servicio de teleasistencia que se está utilizando, llevando a generar un modelo de supervisión de enlaces de teleasistencia.

Llegados a este punto estaremos ya preparados para establecer un modelo de previsión de caídas de la conexión, describiendo la lógica que se necesite para ello, y poniéndolo en práctica con dos ejemplo concretos: un servicio de telemonitorización domiciliaria y otro servicio de telemonitorización ambulatoria.

Para finalizar, realizaremos una recapitulación sobre lo estudiado en este documento y realizaremos una serie de recomendaciones.

## Capítulo 2

### *Servicios de telemedicina y teleasistencia*

---

Este capítulo tiene como fin dar una visión general de la telemedicina y teleasistencia, definiendo las partes que componen los servicios que engloban, así como presentar su problemática específica.

Como veremos, son sistemas extraordinariamente complejos, con multitud de detalles a tener en cuenta en su puesta en servicio (como es normal en un sector tan crítico como el de la salud), pero los describiremos de una forma simplificada. Empezaremos por explicar en qué consisten estos tipos de servicios (dando varias definiciones de organismos oficiales en el proceso), para posteriormente entrar a detallar un modelo general de servicio de telemedicina y los pormenores de los actores que lo componen. Con ello tendremos una idea clara del escenario en el que en posteriores capítulos tendremos que asentar el proyecto y prestar más atención.

Para establecer un modelo concreto como solución a la problemática de caídas del acceso principal en un servicio de telemedicina, será necesario ver cómo se puede cuantificar el grado de éxito de uno de estos servicios y las implicaciones que tiene el asegurar que un servicio de teleasistencia tenga acceso a la red el 100 por cien del tiempo. Nos apoyaremos en modelos de validación ya desarrollados para los sistemas de información, e igualmente analizando sus componentes de estudio.

## 2.1.- Servicios de telemedicina

La telemedicina es un eslabón muy importante de los servicios de información que hay actualmente desplegados en el mundo. Al fin y al cabo, lo que se necesita es transmitir datos médicos o sanitarios desde un punto a otro, separados geográficamente. Pero actualmente los únicos servicios que funcionan adecuadamente son entre los proveedores y no entre un proveedor y un usuario final.

Una definición que a nuestro entender es bastante precisa sobre lo que es la telemedicina es la siguiente, extraída del documento “Telemedicina, Aplicaciones de telecomunicaciones en salud en la subregión andina” [TelAnd]:

*“La telemedicina es la práctica de la medicina y de sus actividades relacionadas, como la educación y la planificación de sistemas de salud, a distancia, por medio de sistema de comunicación. Su característica principal es la separación geográfica entre dos o más agentes implicados: ya sea un médico y un paciente, un médico y otro médico, o un médico y/o paciente y/o la información o los datos relacionados con ambos”.*

Los servicios de telemedicina normalmente están ligados a proporcionar acceso a servicios médicos a distancia a través de algún medio de comunicación. Al fin y al cabo, se trata de un sistema organizativo y social que tiene implicaciones en la forma en que se estructura y entrega el cuidado de la salud [IEEE11, pág. 2]. Estos servicios pueden tratarse de la transferencia o intercambio de información médica de un paciente desde un centro de atención primaria a un hospital para recibir una evaluación completa por un especialista, obtener una cita online con el médico de cabecera, el envío de parámetros físicos a un centro de salud o el aprendizaje mediante el intercambio de conocimientos médicos.

La importancia de la telemedicina radica en los beneficios potenciales que proporciona, tantos sociales y sanitarios como económicos. Entre ellos [TelAnd, pág. 24] la disminución de los tiempos de atención, diagnóstico y tratamientos más oportunos, mejora en la calidad del servicio, reducción de costes de transporte de pacientes y personal, atención continua en el tiempo, mayor cobertura, mejor seguimiento de la evolución de los tratamientos en pacientes, y un largo etcétera. Tiene como objetivo último el de ayudar a los ciudadanos a recibir una atención médica rápida y adecuada, sin perder de vista la reducción de costes tras su implantación para la administración pública [TelAnd].

Un ejemplo típico de servicio de telemedicina es el de proporcionar acceso a los servicios de especialistas médicos en zonas rurales en los que es imposible dedicar recursos a la construcción de hospitales. Son un pilar importante de la sanidad hoy en día, aunque muchas veces no se repare en su existencia. Uno de sus principales problemas, crítico en el caso de la teleasistencia, es el de tener disponible el 100 por cien del tiempo el acceso a estos servicios, ya sea en entornos rurales como

urbanos.

Para encontrar un ejemplo de definición de telemedicina por parte de organismos oficiales, tendríamos por ejemplo esta breve del Ministerio de Salud Francés de 1996:

*“La telemedicina es una forma de práctica médica y cooperativa en tiempo real o diferido entre profesionales de la salud, a distancia”.*

Otra más completa de la Organización Mundial de la Salud de 1998:

*“La telemedicina es el suministro de servicios de atención sanitaria, en cuanto la distancia constituye un factor crítico, por profesionales que apelan a las tecnologías de la información y de la comunicación con objeto de intercambiar datos para hacer diagnósticos, preconizar tratamientos y prevenir enfermedades y heridas, así como para la formación permanente de los profesionales de atención de salud y en actividades de investigación y de evaluación, con el fin de mejorar la salud de las personas y de las comunidades en que viven”.*

Todo radica de la importancia de intercambiar información médica de toda índole a través de los medios de telecomunicación, actuales y futuros. De entre todos los posibles servicios de telemedicina, tenemos que destacar un tipo que, por la relevancia de sus objetivos, debemos dedicarle una especial atención: la teleasistencia.

### **2.1.1.- Teleasistencia**

Una parte importante de los servicios de telemedicina suelen estar relacionados con pacientes mayores o dependientes que requieren de una supervisión periódica o constante de su estado de salud. Puede tratarse de algo tan básico como un botón de alarma que puedan pulsar en caso de que hayan sufrido una mala caída mientras están en casa, o la comprobación de que se encuentran perfectamente antes de irse a dormir.

Hay dos factores por los que parece importante prestar una atención especial a este tipo de servicios de telemedicina. La primera, el carácter de “urgencia” o tratamiento preferente en los centros sanitarios que se le debe dar a estos servicios por encima de otros servicios de telemedicina, ya que en el caso de la generación de alarmas puede suponer un empeoramiento en el estado de salud o una amenaza para la vida de un paciente en su casa. Y el segundo, que los mayores beneficiados son las personas mayores o dependientes, con menores recursos, que necesitan una supervisión constante de su estado de salud. Por lo tanto, su utilidad para la sociedad es máxima.

Como definición de teleasistencia, el que mejor refleja estos dos puntos es el del informe titulado

“Teleasistencia. Definición del Servicio” elaborado en julio de 2006 por Comisión Multisectorial del Hogar Digital de ASIMELEC:

*Se define la Teleasistencia como un sistema de ayuda dentro y fuera del hogar que cubre las necesidades de aquellas personas que pueden requerir de atención constante o puntual y asistencia rápida en casos de urgencia durante las 24 horas.*

Así mismo, la Ley de Dependencia de España (*Ley de Promoción de la Autonomía Personal y Atención a las personas en situación de dependencia y a las familias*) recoge la prioridad de estos servicios para ayudar a las personas dependientes: aquellas que necesitan ayuda para realizar diversas actividades cotidianas o que tienen limitada su autonomía física o intelectual.

Otras cosas a tener en cuenta en este tipo de servicios es que deben estar permanentemente monitorizados por el prestador de servicios de salud (de ahí la extrema importancia de que la haya algún tipo de línea de respaldo para la conexión principal), y que sean de uso sencillo. Aunque los servicios más habituales son aquellos que permiten a los pacientes emitir voluntariamente señales de auxilio y hacen uso de la línea telefónica básica para funcionar, también hay que estudiar otros tipos de servicios de teleasistencia como puedan ser videoconferencias o envío de parámetros fisiológicos.

Estos servicios no pueden funcionar directamente sobre medios de transmisión sencillos para el envío de información, por lo que tendremos que estudiar otros tipos de enlaces, basados o no en estas líneas telefónicas, ya sea fibra óptica, conexiones móviles u otras alternativas.

### 2.1.2.- Beneficios de un servicio de telemedicina

Aunque los servicios de telemedicina estuvieron originalmente orientados a ampliar el acceso a la sanidad desde lugares remotos, hay que tener en cuenta que vienen acompañados de una serie de valores añadidos que los hacen sobresalir por encima de los tradicionales. Algunos de ellos son [IEEE09, tabla 1] [RedTel1, pág. 73] [TelAnd, pág. 41]:

Valor añadido	Descripción
Reducción de costes médicos	Los costes derivados del transporte y atención de un paciente con movilidad reducida se verán reducidos globalmente [REHABITIC]. Por ejemplo, se le pueden proporcionar los ejercicios de rehabilitación a realizar en casa sin tener que acudir a un fisioterapeuta, o remitiendo sus constantes fisiológicas adquiridas mediante equipamiento específico al centro de salud eliminando la necesidad de enviarle una ambulancia para el desplazamiento.

Seguridad del paciente	Los médicos pueden consultar con especialistas en sus campos de actuación, con lo que mejora el diagnóstico, y disminuyen los errores en el tratamiento del paciente.
Satisfacción del paciente	Si un paciente ve que su caso realmente importa, se consultan a varios médicos y que no tiene que estar semanalmente acercándose al hospital, mejorará el punto de vista del paciente con respecto a la telemedicina y hacia el sistema de salud pública.
Calidad de la atención	Mejorando el tiempo de respuesta, de diagnóstico y de resultados de cara al paciente aumenta la calidad general de la atención sanitaria.
Accesibilidad	Al mejorar la productividad del personal sanitario y disminuir los costes, una mayor cantidad de pacientes pueden acceder a los servicios de telemedicina.
Educación	Puesto que el médico no siempre va a estar presente, los pacientes deben ser instruidos en el uso de aparatos sanitarios y de, por ejemplo, técnicas de control del dolor, además de cómo valorar y planificar su historial de tratamiento. Fomenta el uso de materiales educativos online, reduce el número de consultas de poca importancia a los médicos y tiene acceso a su historial online.
Normativas de Sanidad Pública	Mediante la creación de normativas, los usuarios rurales pueden mejorar su acceso al sistema de salud pública, se mejora la integración de los servicios en el gobierno y aumenta el número y calidad de los servicios que se prestan.

*Tabla 2.1: Beneficios a la sociedad de un servicio de telemedicina*

### 2.1.3.- Limitaciones de la telemedicina

No todo son cosas positivas en cuanto a la medicina, ya que también existen diversas limitaciones en cuanto a su implantación [TelMex] [RedTel1, pág. 75]. Estas hacen referencia sobre todo a la falta de tecnologías en las redes telemáticas para asegurar calidades de servicio, con lo que no siempre será posible asegurar el buen funcionamiento de los servicios de telemedicina.

Además, aunque pueda proporcionar unos costes menores en la gestión de ciertos servicios de medicina, hay que realizar en la mayoría de los casos fuertes desembolsos económicos para poder



desplegar los servicios y hacérselos llegar a la mayor cantidad de ciudadanos como sea posible. Por eso la implantación de servicios de teleasistencia no está generalizada, al carecer del dinero para comprar el equipo y contratar al personal adecuado para encargarse de asegurar su buen funcionamiento, así como la completa implicación de los pacientes. La reducción de los gastos en el despliegue de redes telemáticas para telemedicina es un objetivo necesario para el éxito de los servicios de teleasistencia.

También existen importantes vacíos legales en la aplicación de la telemedicina, desde las consecuencias para el médico por realizar un mal diagnóstico a través de medios telemáticos, hasta la forma en realizar reembolsos por la adquisición por parte de los pacientes de los sistemas de teleasistencia que posteriormente se determina que entran dentro de los seguros médicos. Los legisladores deben seguir trabajando para mejorar este apartado, sobre todo en aquellos que no disponen de sanidad pública como la entendemos y aplicamos en Europa.

Pero el problema fundamental [RedTel1, pág. 75] es la resistencia al cambio, que impide que se implanten más rápidamente los servicios de telemedicina, tanto por parte de los ciudadanos como de los profesionales del cuidado de la salud. Para eliminar esa resistencia se tendría que contar con mayor apoyo institucional y político para poder desarrollar nuevas iniciativas para el reciclaje del personal sanitario, y aumentar así la aceptación y participación de toda la sociedad en la telemedicina.

## 2.2.- Modelo general de telemedicina

Aunque hemos visto que los servicios de telemedicina (y por extensión, de teleasistencia) pueden ser de lo más diversos, suelen mantener un modelo común de funcionamiento con distintos actores bien definidos. A continuación se muestra un modelo simplificado de la interfaz paciente-proveedores de un servicio de telemedicina. En el modelo puede realizarse una primera identificación de actores y entidades [IEEE01][IEEE08].

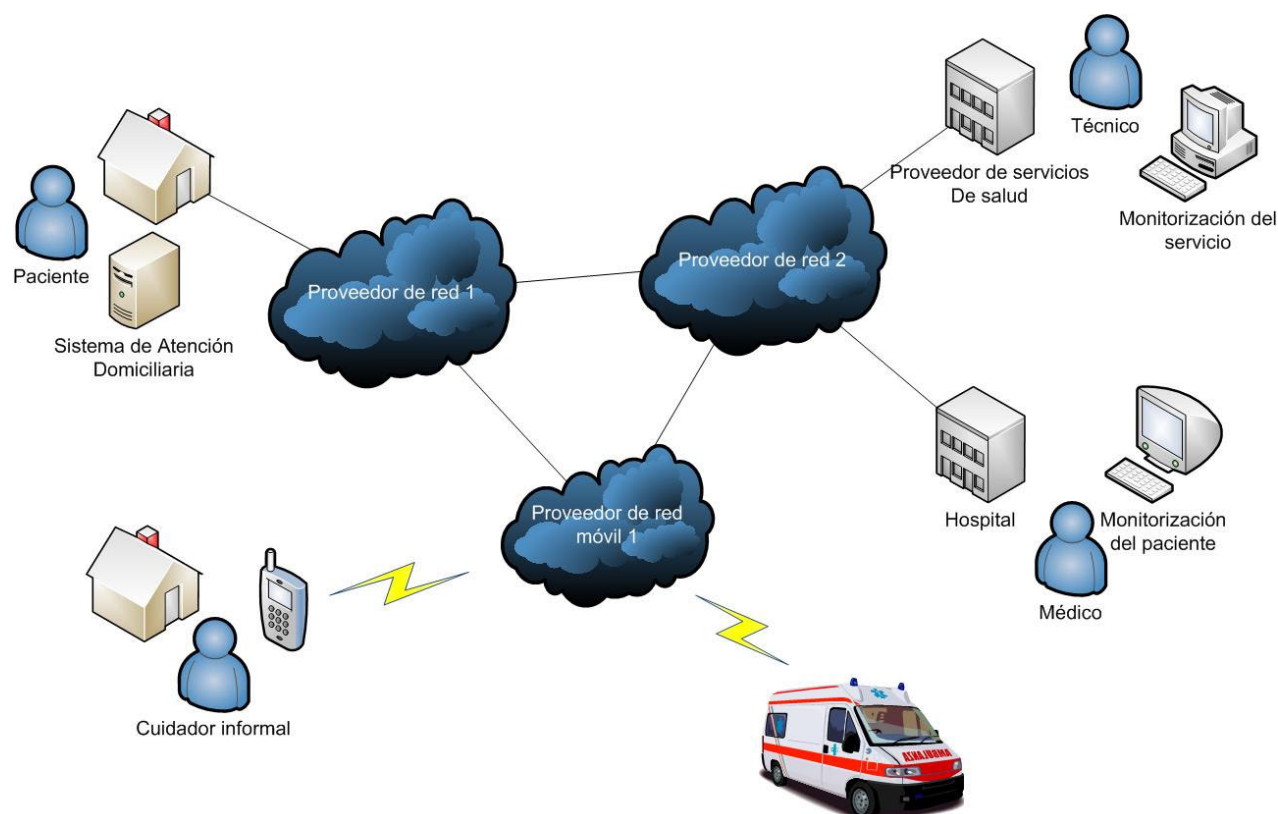


Figura 2.1: Modelo general de un servicio de telemedicina

La comunicación entre los distintos actores que se ven en la imagen se realiza utilizando distintos medios. Pueden ir desde una línea telefónica fija, una conexión 3G de un móvil, hasta conexiones de datos punto a punto o el más común ADSL presente en un buen porcentaje de los hogares españoles y centros hospitalarios de una u otra forma.

Los elementos que intervienen en el modelo general de un servicio de telemedicina son:

- **Actores:** los distintos usuarios o proveedores que intervienen en un servicio de telemedicina o de teleasistencia.
- **Redes:** son un medio transparente para los actores, que permiten establecer una comunicación a distancia entre dos actores, ya sea de voz, de datos, o de voz y datos.
- **Interfaces:** son las líneas que interconectan las redes, y que son uno de los elementos críticos en

la prestación de los servicios de telemedicina, ya sean líneas telefónicas, de fibra óptica o conexiones de telefonía móvil. Se trata de un punto único de fallo, ya que si se caen, el servicio deja de prestarse, y en ocasiones puede tener consecuencias catastróficas.

- **Sistemas de atención domiciliaria:** son los equipos en casa de un paciente que monitorizan su estado y/o le permiten establecer comunicación con los servicios de teleasistencia o teleconsulta médica, por ejemplo.
- **Servicios de atención médica:** se trata de los centros de salud y hospitales que deberían enviar una ambulancia a casa del paciente en caso de una emergencia, o para transportarle hasta el centro de salud para una cita con su médico, por ejemplo.

En cuanto a los **actores** que pueden intervenir en un servicio de telemedicina:

- **Paciente:** puede tratarse de un usuario ubicado en su casa o desplazado, así como dentro de los propios hospitales.
- **Cuidadores informales:** son los familiares del paciente o sus cuidadores asignados. Deben de estar informados en todo momento de los problemas que surjan en el entorno del Paciente para tomar las medidas que consideren oportunas ante cualquier eventualidad. Sólo aparecen en los servicios de teleasistencia.
- **Proveedores de servicios de salud:** son empresas como Cruz Roja, que aportan el personal sanitario y equipamiento para atender urgencias médicas o servicios de telemedicina, como las teleconsultas.
- **Proveedores de red para servicios de telemedicina y teleasistencia:** se encargan del mantenimiento de las interfaces y redes que interconectan los distintos actores del modelo.

Las **interfaces** son cada vez de lo más diversas, pero sobre todo podríamos establecer, de acuerdo a su **ubicación**, las que se muestran a continuación. La importancia de las mismas depende en gran medida del tipo de servicio de telemedicina que se preste, siendo a priori las de teleasistencia más importantes.

- **En la residencia del paciente:** suelen ser enlaces de ADSL, fibra óptica en menor medida, aunque pueden usarse también conexiones 3G en entornos rurales, o incluso satelitales en caso de tener que prestar servicio a, por ejemplo, equipos de emergencias desplazados en montañas para realizar un rescate.
- **En el proveedor del servicio:** enlaces de fibra óptica y ADSL, bastante importantes debido a que llevan el control de multitud de pacientes a la vez, o que prestan otros servicios, como teleconferencia con especialistas. No todos los centros sanitarios estarían preparados para ofrecer todos los tipos de servicios de telemedicina. No tenemos en cuenta la forma de comunicarse con equipos móviles, como las ambulancias, ya que son más bien específicos de

cada servicio y centro sanitario.

- **Cuidadores informales:** se trata de un mero sistema de información del estado de salud del paciente, o de eventos considerados importantes. Aunque importantes, su conexión con el proveedor del servicio es secundario, y será simplemente líneas telefónicas fijas y móviles para recibir la información.

### 2.2.1.- Descripción de los servicios de telemedicina y teleasistencia

Como hemos visto por las definiciones dadas de telemedicina y teleasistencia, tenemos dos elementos en común en ellos: **telecomunicación e información**, lo que hoy en día es la telemática. Y es que estos servicios están avanzando unidos de la mano de las tecnologías de información y telecomunicación, aunque ya existieran ciertos servicios básicos de telemedicina a principios del siglo XX.

Internet es donde todo el mundo tiene puesta la mirada para implementar servicios de telemedicina. Es la red de redes, en la que el intercambio de información es constante, y más con las herramientas colaborativas que surgieron a partir del replanteamiento del intercambio de información en Internet, comúnmente llamado Web 2.0.

Gran parte de la información transferida está organizada de una forma u otra, ya sea en páginas web (el conocido HTML), ficheros de datos (XML, JSON y otras estructuras de información similares), o imágenes comprimidas con metadatos. Pero además de ser importante el cómo se transmite la información, también lo es el entenderla tanto en origen como en destino. Un usuario debe poder ver y manipular esa información de una forma fácil y sin requerir conocimientos informáticos avanzados. Tengamos en cuenta que, al fin y al cabo, los servicios de telemedicina y teleasistencia están pensados para ser usados por personal médico/sanitario y pacientes con todo tipo de niveles de estudio y profesiones, no sólo ingenieros.

Pero una de las cosas que interesa estudiar es el medio de comunicación, la telecomunicación. Si los primeros sistemas de telemedicina basados en Internet se centraban en el módem y la transmisión de la información a través de la línea telefónica de nuestras casas, hoy en día lo más extendido es el ADSL puesto que también confía en las líneas telefónicas para transmitir la información, y está presente en todos los núcleos urbanos, aunque en muchos pueblos o urbanizaciones remotas no tengan una infraestructura preparadas para usarlo. Mucho han mejorado las líneas y el soporte de las operadoras a estas conexiones, pero todavía perdura la idea de que son lentas y poco fiables, como al principio de su implantación.

Aunque en los próximos años podremos crear propuestas para usar casi exclusivamente redes de fibra óptica como la conexión principal en la casa de un paciente, por el momento tendremos que estudiar

sobre todo el uso de ADSL como conexión primaria, aunque sin descartar totalmente el resto. También tiene la ventaja de que, como veremos, la calidad de la comunicación es suficiente para un sistema de telemedicina, y resulta más económico que otras opciones.

Pero antes de llegar a estudiar el medio de transmisión a utilizar en los servicios de telemedicina, hay primero que entender en qué consisten dichos servicios y la información que van a tener que transportar.

### **2.2.1.1.- Componentes de un servicio de telemedicina y teleasistencia**

Los servicios de telemedicina y teleasistencia, por su complejidad, tienen diversos tipos de componentes ligados a ellos para poder prestarlos adecuadamente. Por un lado, personal debidamente instruido en el manejo del equipo del servicio de telemedicina. Esto también incluye al paciente que tiene que saber en todo momento cómo usar el servicio de telemedicina, así como ser consciente de si funciona bien o mal ya que esto último es crítico. En estos casos hay que tener en cuenta cosas tales como la edad del paciente, su grado de conocimientos tecnológicos, etc. Con pacientes sin conocimiento tecnológicos hay que facilitarles que sea lo más usable y menos intrusivo posible para hacerles la vida más llevadera. Así mismo, el personal de los proveedores de servicios de telemedicina tiene que estar perfectamente entrenado para su uso y poder dar una respuesta rápida en caso de cualquier problema que surja en su uso.

La tecnología, cómo no, es también uno de los factores clave. Por eso, un sistema de telemedicina suele dividirse en los componentes que se exponen más adelante, que se encontrarán presentes en ambos extremos del servicio. El equipamiento siempre debe de funcionar perfectamente, ya que de otra forma el servicio no se podría prestar. El mal funcionamiento tendría efectos colaterales como por ejemplo una peor imagen de cara al paciente, inseguridad y miedos de que no vaya a funcionar cuando realmente surja una emergencia en el caso de la teleasistencia. Los usuarios finales de un servicio de telemedicina siempre deben tener la máxima confianza en el sistema como sea posible.

En este apartado tecnológico también consideramos que es importante destacar la necesidad de usar software *open source* en vez de propietario, ya que esto último ha impedido un avance más rápido de los servicios de telemedicina. Entre los problemas derivados del software propietario estarían la retirada de soporte al software por lo que los problemas que surgieran de su uso (*bugs*) quedarían sin resolver, un desarrollo a medias o costes adicionales al tener que crear módulos de comunicación con otro software que usen protocolos, estándares o software *open source*. El software *open source* en la telemedicina no es algo optativo sino una necesidad para asegurarnos una interconexión máxima entre servicios de distintos centros de salud y proveedores, ya estén en la misma región o en países distintos.

## Equipos tecnológicos implicados

Los equipos necesarios para prestar un servicio de telemedicina serían los siguientes [IEEE01] [IEEE06] [TelUrg]:

Componente	Descripción
Transmisión de datos	<p>Se trataría del método para transmitir la información, ya sea por 3G, DSL, ATM, RDSI, Fibra Óptica, línea telefónica básica, etc. Se puede dividir en dos tipos [TelUrg]:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Acceso físico vía cable:</b> las conexiones cableadas suelen ser más seguras, baratas y adecuadas para proporcionar cualquier tipo de servicio de telemedicina al disponer de un mayor ancho de banda en potencia. En esta categoría podemos encontrar aquellos accesos basados en la línea telefónica (como RDSI o ADSL) y en fibra óptica.</li> <li>● <b>Acceso inalámbrico vía radio:</b> usando frecuencias de radio, estos tipos de acceso son adecuados para proporcionar movilidad y un respaldo alternativo a las líneas cableadas. En este apartado podemos encontrar tanto redes celulares (GSM, GPRS, UMTS, LTE) como satelitales (adecuadas, por ejemplo, para servicios de teleasistencia/emergencias en montaña).</li> </ul>
Contenido	Es la información a transmitir a través del medio elegido, como puedan ser voz, videoconferencia, imágenes a color, datos fisiológicos, etc.
Terminales e instrumentos	En este apartado entran todos los dispositivos tecnológicos que sirvan para recabar información o mostrarla, como puedan ser televisores, ordenadores, tablets, teléfonos móviles, videocámaras, etc. En los hospitales serían equipos de ecografías, TAC, radiográficos...
Procesamiento de información y datos	Una vez adquirida la información, se necesita procesarla y almacenarla. Este apartado incluiría los formatos de ficheros para intercambiar la información, las medidas de seguridad empleadas en su almacenaje, la construcción de las bases de datos que la contienen, etc.

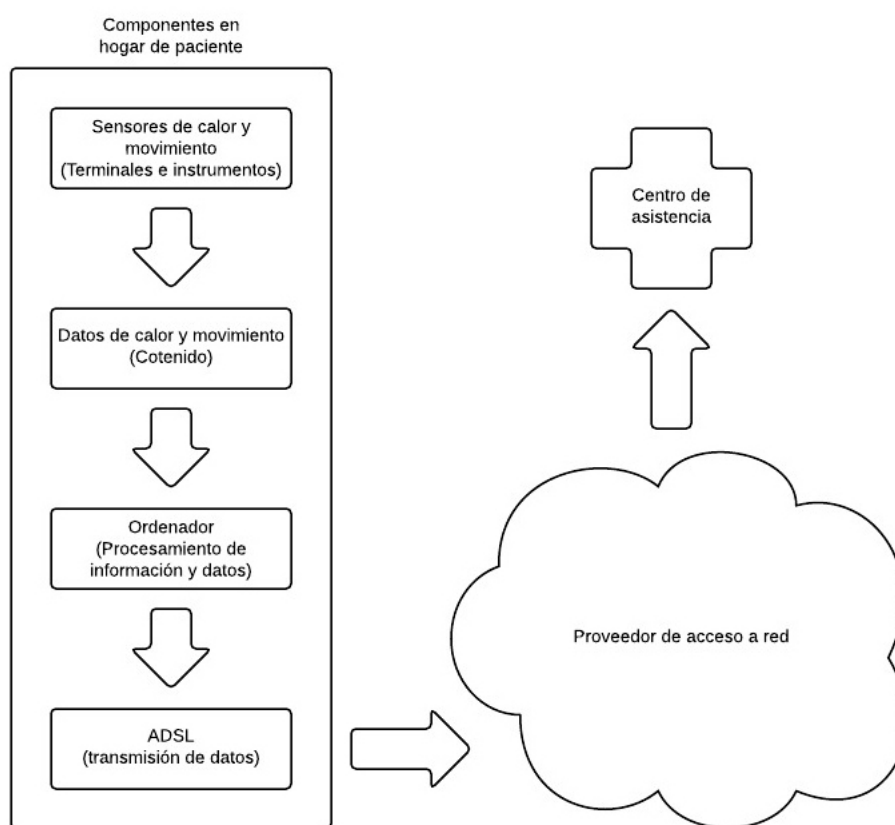
Tabla 2.2: Componentes para la transmisión de información en un servicio de telemedicina

Lo fundamental para el presente PFC es asegurar el primer apartado, la transmisión de datos, para tener

la total certeza que no va a ser un problema en el intercambio de información con los centros remotos de los proveedores de servicios de telemedicina y teleasistencia.

Para tener una idea más clara de los componentes y cómo se relacionan entre ellos, en la Figura 2.2 podemos ver cómo interactúan en la casa de un paciente. Nótese que los servicios de telemedicina no tienen porqué ser solo entre paciente y centro hospitalario. Un servicio de telemedicina también puede consistir en enviar de un centro ambulatorio de salud a un hospital la información médica de un paciente, o desde una ambulancia al servicio de urgencias.

Por ejemplo, los componentes de un servicio de teleasistencia en casa de un paciente, normalmente llamado Sistema de Atención Domiciliaria (SAD), serían los que se muestran en la siguiente imagen.



*Figura 2.2: Componentes de un servicio de teleasistencia*

### **2.2.1.2.- Tipos de servicios de telemedicina**

Puesto que un servicio de telemedicina y teleasistencia se basa en la transmisión de información de cualquier tipo entre un emisor y un receptor, esto da cabida a que se puedan clasificar según diversos criterios. En este caso, vamos a establecer la teleasistencia como un tipo de servicio de la telemedicina, pero recordando que debido a la importancia social que tiene se le suele tratar de forma independiente al resto de servicios de telemedicina.

Estas clasificaciones son importantes para intentar determinar en cuáles es más importante la disponibilidad de las interfaces (líneas de transmisión), y otras características de la línea como latencia, velocidad o fiabilidad de los datos, relacionadas con el presente PFC..

### Clasificación en el tiempo

Esta clasificación hace referencia al momento temporal en el que se intercambia la información entre proveedor de servicio y el cliente [RedTel1] [TelAnd, pág. 34].

Tipo	Descripción
Diferido o estática	Telemedicina de nivel 1. Este tipo de servicios se basa en información que, aunque sea importante que nos aseguremos que se envía correctamente entre emisor y receptor, realmente no importa en qué momento se haga. Se trata de una modalidad conocida como <i>store-and-forward</i> (almacenamiento y envío). Un ejemplo típico sería el envío periódico de actualizaciones de historiales médicos a una base de datos centralizada, en diversos momentos del día.
Tiempo real o interactiva	Telemedicina de nivel 2. En este caso, la información que se envíe tiene que ser recibida y reproducida al instante. Dependiendo del tipo de aplicación (como se describe en el siguiente apartado), puede ser más o menos importante la calidad de la imagen y el sonido. Tendríamos dos tipos básicos de servicios en tiempo real: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Videoconferencia:</b> aquí prima que la información llegue con la menor latencia posible para que exista una comunicación sin retardos entre, por ejemplo, un médico y un paciente.</li> <li>• <b>Aplicación interactiva:</b> es un software dedicado a compartir en tiempo real información, como por ejemplo electrocardiogramas, para su valoración por un especialista al momento.</li> </ul>

Tabla 2.3: Clasificación en el tiempo

### Clasificación por aplicación

Se trata del tipo de aplicación que se le dé al servicio, e incluye todos su entorno, tanto software, hardware como personal necesario [TelAnd, pág. 35].

Servicio	Descripción
Teleconsulta	En este apartado se engloban las consultas a los médicos y especialistas.



	Dependiendo de la especialidad médica, la videoconferencia tendría unas necesidades de calidad de imagen y sonido determinadas.
Telediagnóstico	Se trataría de la evaluación del historial clínico de un paciente, tanto en primera instancia como de segunda opinión. El médico valorará el historial clínico recibido y dará un diagnóstico y curso de acción.
Teleasistencia y Telemonitorización	<p>Es el apartado más importante para nuestro PFC, y se basa en el cuidado a distancia del paciente, normalmente en su casa, usando diversos servicios como videoconferencias o envío de parámetros físicos como electrocardiogramas, temperatura, etc. Pueden incluir telealarmas en caso de urgencias, etc.</p> <p>La telemonitorización puede ser de tres tipos [FMISO11073, pág. 4]:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Domiciliaria:</b> el paciente es monitorizado en su casa.</li> <li>● <b>Ambulatoria:</b> se le monitoriza mediante dispositivos móviles fuera de su hogar (<i>mHealth</i>, <i>mSalud</i>).</li> <li>● <b>Ubicua:</b> el servicio de monitorización no depende de la localización (<i>uHealth</i>, <i>uSalud</i>).</li> </ul> <p>En función de la necesidad de envío de información, podemos dividirla también en varios tipos [SKARP, pág. 5]:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Clase 0:</b> monitorización en situaciones de emergencia o estado crítico que requieren hacerlo en tiempo real.</li> <li>● <b>Clase 1:</b> la monitorización requiere enviar datos en tiempo real cada pocas horas.</li> <li>● <b>Clase 2:</b> monitorización esporádica, como por ejemplo dos o tres veces al día.</li> <li>● <b>Clase 3:</b> envío de datos de monitorización de vez en cuando (una vez al día, 36 horas...).</li> </ul>
Teleeducación	Se trataría de la enseñanza remota, ya sea al personal médico o como parte de campañas de prevención. Pueden usar una gran cantidad de software distinto, como videoconferencias, comentario de diapositivas, videoteca de material médico para su visionado en streaming, libros, u otros materiales de la salud.
Teleadministración y Telefarmacia	Son aplicaciones dedicadas a la gestión de información administrativa

	de los médicos o pacientes en entornos sanitarios, como pueda ser solicitar un parte médico, recetas farmacéuticas, organización interna de los hospitales, etc.
Telecirugía	Este tipo de cirugía se basa en el uso de robots para que lleven a cabo las operaciones. Las características técnicas en estos casos son de carácter crítico.

Tabla 2.4: Clasificación por aplicación

### Clasificación por especialidad médica

Por último, también podemos clasificar los servicios de telemedicina según la especialidad médica de la que depende. Esto es importante debido a los requisitos de cada especialidad. En el caso de un servicio de telerradiología solo necesitaríamos enviar imágenes sin otras consideraciones, mientras que un servicio de teleoftalmología podríamos usar probablemente sistemas de videoconferencia para ir realizando y analizando diversos tipos de pruebas en tiempo real. A continuación presentamos algunos ejemplos de esta clasificación [TelAnd, pág. 36].

Tipo	Descripción
Telerradiología	Esta especialidad no suele requerir de la interacción con el paciente, y se basa en el simple envío de pruebas radiológicas en la forma de imágenes. Se trata de radiografías, ecografías, resonancias magnéticas, etc. A menos que se trate de casos de urgencia, la transmisión se puede realizar en diferido en diversos momento del día.
Telepatología	Se trata de la observación, captura y envío de imágenes y vídeo desde un microscopio de todo tipo de microorganismos y pruebas médicas de sangre u orina, por ejemplo. Se puede realizar típicamente en diferido, salvo que exista un contexto de urgencia.
Telecardiología, TeleORL, Teleendoscopia	Esta especialidad necesita de pruebas hechas en tiempo real, y pueden incluir ecocardiogramas, cardiogramas o angiografías, para evaluar el estado actual de un paciente (por ejemplo, aquellos que sufren arritmias, etc).
Teledermatología, Teleoftalmología	En esta especialidad, el médico suele tener que atender teleconsultas

	más que realizar pruebas diagnósticas. Por eso es importante, entre otros parámetros, la calidad de las imágenes que le llegan por videoconferencia, o de las digitalizaciones de zonas de la piel con problemas, ya que la tonalidad de ciertas manchas en la piel, ojos o su tamaño son importantes para hacer la evaluación.
--	---

Tabla 2.5: Clasificación por especialidad médica

### 2.2.1.3.- Clasificación por servicio de teleasistencia

La teleasistencia, entendida como el cuidado del paciente fuera de un recinto sanitario, por la importancia que tiene para el paciente, puede ser categorizada en función de los distintos tipos de servicios para los que se van a utilizar, aunque sean casos particulares, en su mayoría, de los servicios de telemonitorización, teleconsulta y la propia teleasistencia [TelasisAU] [TeleRural] [TeleATA].

Tipo	Descripción
Televisita	Estos tipos de servicios están orientados a establecer una serie de citas médicas para realizar el seguimiento de un paciente directamente en su casa mediante videoconferencias. Suelen ser ideales en casos de personas discapacitadas o con enfermedades graves.
Teleurgencia	Se trata de sencillos mecanismos de alerta al proveedor de servicios de salud indicando que ha ocurrido una emergencia en el hogar del paciente, como por ejemplo que se haya caído y no se pueda levantar (usando un pulsador que llevan al cuello, por ejemplo).
Teleconsulta	Estos servicios son utilizados por los pacientes para poder consultar con su médico diversas dolencias o síntomas como si estuviera físicamente en la consulta médica. También es útil para que dos médicos puedan consultar un caso clínico, ahorrando tiempo y mejorando la evaluación médica del paciente.
Telerehabilitación	La telerehabilitación suele implicar procesos interactivos en los que los pacientes hacen una serie de ejercicios de rehabilitación marcados por un médico o fisioterapeuta, pero que no implica una consulta con ellos [REHABITIC].
Telemonitorización	Este tipo de servicios permite la monitorización continua del estado de

	<p>salud del paciente, y la generación de alarmas en caso de que acontezca algún problema. Pueden tratarse de sensores ubicados en la estancia (como por ejemplo para detectar caída) o en el propio paciente (para tomar constantes vitales).</p> <p>Para la clasificación de este tipo de servicios, consultar la Tabla 2.5.</p>
Acceso y modificación del PHR	Estos servicios permiten a los pacientes acceder a sus historiales clínicos personales (PHR), así como actualizarlos con nueva información que pudiera ser de interés para próximas evaluaciones o teleconsultas.
Telecita	Un sencillo servicio para solicitar una consulta con un médico o especialista desde la casa de un paciente.
Teleeducación	Asesoramiento médico para que los pacientes adquieran hábitos que mejoren su estado de salud.

*Tabla 2.6: Clasificación por servicio de teleasistencia*

#### **2.2.1.4.- Características de un servicio de telemedicina**

Para poder hacer la transmisión de datos de forma correcta, tenemos que tener en cuenta diversos parámetros, que podríamos definir como básicos. Estos engloban tanto las características de los medios de transmisión como de la información que se intercambia en los servicios de telemedicina. No obstante, en este momento no vamos a definir cuestiones específicas relativas a la implementación técnica, sino del servicio en sí. En el Capítulo 3 entraremos a fondo a ver con detalle las características de los enlaces.

Desarrollar servicios de telemedicina ajustándose a este modelo permite mejorar la experiencia de usuario (*Quality of Experience*, QoE) ya que permitirá definir mejor los sistemas necesarios para proporcionarlos.

#### **Información**

Los servicios de telemedicina sirven, al fin y al cabo, para transportar distintos tipos de información entre dos lugares separados geográficamente. Por tanto, el primer parámetro a tener en cuenta en la caracterización de un servicio de telemedicina sería el tipo de información que se debe transportar. En la siguiente tabla se resume esta primera aproximación.

Tipo	Descripción
Audio	<p>Este tipo de servicios de telemedicina son en muchos casos de teleasistencia, en los que un operador en el lado del proveedor de servicios de salud se podría encargar de comprobar con una simple llamada un par de veces al día el estado de una persona mayor en su casa. Esto le da a la persona seguridad de que está siendo atendida y monitorizada, y que en caso de que le ocurra algo van a dar una respuesta adecuada.</p> <p>La necesidad de transmitir audio también puede ser útil a la hora de realizarse distintos médicos consultas por un caso, aportando las condiciones de confidencialidad de la llamada que no siempre están aseguradas en las redes públicas de telefonía.</p> <p>La transmisión de audio tendrá que realizarse sin que se produzcan cortes y sin que haya interferencias, entendiéndose claramente lo que dicen los participantes en la conversación.</p>
Vídeo	<p>La necesidad de transmitir vídeo, con su problemática particular (velocidad, latencia, etc.), es una de las claves para muchos de los servicios de telemedicina actuales. Por ejemplo, la telecirugía, ciertas pruebas diagnósticas desde el hogar de los pacientes o la teleeducación pueden depender fuertemente de la transmisión de vídeo.</p> <p>No obstante, no todos los servicios requerirán la misma calidad de vídeo, y esto impondrá requisitos más o menos restrictivos.</p>
Datos	<p>La transmisión de datos será el caso más habitual para los servicios de telemedicina, ya sea para remitir resultados diagnósticos entre hospitales, los historiales de los pacientes o datos fisiológicos desde casa de un paciente. Pero también pueden incluir correos electrónicos, imágenes, vídeos de operaciones, etc.</p> <p>Las necesidades de los servicios que transporten información van a ser distintos entre sí y habrá que analizarlos caso por caso, ya que no tiene los mismos requisitos el envío periódico de señales biométricas que el envío una vez al día de historiales clínicos a un repositorio.</p>

*Tabla 2.7: Clasificación por tipo de información transportada*

Los servicios de telemedicina pueden necesitar transmitir uno o varios de los tipos de información descritos a través del mismo medio de transmisión. Por ello las necesidades del más restrictivo tendrán predominancia a la hora de realizar estudios sobre los medios de transmisión aptos para el uso del servicio, siendo los datos el menos restrictivo y la transmisión de vídeo el más restrictivo.

## Velocidad

La velocidad de un medio de telecomunicación no siempre va a ser fundamental para la telemedicina y teleasistencia, así que dependerá del tipo de servicio a ofrecer. Por ejemplo, en caso de que queramos usar un servicio de videoconferencia con un especialista, necesitaremos una gran velocidad en la transmisión de datos, así como un retardo en el mismo mínimo. Nos encontraríamos en un caso de servicio en tiempo real. En entornos rurales, en los que no haya ADSL o acceso a otras tecnologías de acceso rápido a Internet, estos servicios sería bastante difícil proporcionarlos de una forma adecuada.

Para el caso de enlaces principales, las tecnologías más utilizadas serían ADSL y fibra óptica. Este último tiene mejores parámetros de velocidad de transmisión y latencia allí donde se puede contratar el servicio.

Sin embargo, para los enlaces de respaldo contamos con una mayor cantidad de alternativas, aunque no todas se van a adecuar a todos los servicios. La velocidad y latencia de la red son factores prioritarios en servicios de consulta a distancia. A continuación se presenta una tabla con las velocidades y latencia media de este tipo de redes en condiciones de baja carga, además de los posibles servicios a los que estarían dirigidos [IEEE06].

Tecnología	Velocidad estimada	Servicios posibles
Teléfono	14,4 - 56 kbit/s	Señal de auxilio desde un número fijo.
GPRS - EDGE	30-80 kbit/s, 160-236,8 kbit/s	Geolocalización para extravíos, aviso de pérdida de cobertura, señales de auxilio básicas.
2G	128 - 256 kbit/s	Envío de información básica de parámetros vitales, conversaciones con servicios de teleasistencia, citas telefónicas, etc.
3G	144 kbit/s - 1 Mbit/s	Envío de imágenes como puedan ser electrocardiogramas, consultas telefónicas, etc.
ADSL	64 kbit/s - 1,544 Mbit/s	Envío de imágenes como puedan ser

		electrocardiogramas, consultas de audio, etc.
RDSI	144 kbit/s - 2 Mbit/s	Envío de imágenes como puedan ser electrocardiogramas, consultas de audio, etc.
ATM	45 - 155 Mbit/s	Viodeconferencias, envíos de grandes cantidades de información.
Dedicadas	154 - 274,17 Mbit/s	Viodeconferencias, envíos de grandes cantidades de información.
Fibra óptica	51,84 Mbit/s - 2,84 Gbit/s	Viodeconferencias, envíos de grandes cantidades de información, cirugía remota.

Tabla 2.8: Velocidad por tipo de conexión y posibles usos

Los diferentes tipos de contenido a transmitir en los servicios podrían crear una primera limitación al tipo de tecnologías de transmisión a usar en ellos. La siguiente tabla establecería algunos datos sobre la información en MB/s a transmitir en servicios de tiempo real, como pueda ser una videoconferencia o imágenes de alta resolución y calidad. Esto es muy importante para decidir qué tipo de backups son necesarios en los servicios de teleasistencia. Existen estándares, como DICOM, para establecer el formato de envío y recepción de imágenes médicas para asegurar que tienen la calidad suficiente para ser utilizadas por el personal sanitario en sus diagnósticos.

Para **imágenes** y **sonido** digitales [IEEE03]:

Modalidad	Muestras por segundo	bits por muestra	Velocidad necesaria
Monitor de presión arterial	1	x16	< 10 kbps
Audio de estetoscopio	10.000	x12	120 kbps
Electrocardiogram	1250	x12	15 kbps
Ultrasonidos, cardiología	512x512	x8	> 1 Mbps en servicios en tiempo real (256 KB tamaño de la imagen, descarga en 2 seg.)
Rayos-X	1024x1250	x12	> 5 Mbps en servicios en tiempo real (1.8 MB tamaño de la imagen, descarga en 3 seg.)
Mamografía	4096x4096	x12	> 10 Mbps en tiempo real (24 MB tamaño de la imagen, descarga en 20 seg.)

Tabla 2.9: Tamaño aproximado de archivos médicos

Para **videoconferencias** y otros sistemas de pantalla compartida van a necesitar, además de una determinada velocidad, un equipo capaz de realizar la encriptación de la sesión. Por eso se suele utilizar el protocolo H.323 [IEEE05] en estos casos (o H.324 para videoteléfonos), que usa el códec H.263 o H.264, o el protocolo SIP. También, requieren de una baja latencia para evitar retardos innecesarios en la interacción con el servicio de salud (videoconferencia, telecirugía, etc.).

Tipo	Velocidad
Videoconferencia normal	384 Kbit/s
Videoconferencia de calidad	A partir de 1 Mbit/s

Tabla 2.10: Necesidades de velocidad en videoconferencias [IEEE03]

Por lo tanto, se pueden establecer videoconferencias en la actualidad desde casi cualquier hogar, y en los entornos rurales servirían líneas RDSI a partir de 1 Mbit/s, o incluso mediante conexiones 3G.

Con estos datos, se propone definir los siguientes tipos de servicios de telemedicina por velocidad necesaria de la comunicación.

Velocidad	Descripción
Acotado en el tiempo	<p>En estos servicios el ancho de banda no es importante mientras las tareas o archivos que tengan que enviar lo sean en un tiempo razonable, como tampoco lo es la latencia de la red. Se propone distinguirlos en dos tipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Prioritarios:</b> requieren de un ancho de banda mayor de lo normal debido a que necesitan transmitir (y recibir) gran cantidad de información constantemente. <b>Ejemplo:</b> un servidor que se dedicara a enviar y recibir actualizaciones de historiales clínicos de todos los pacientes adscritos a un hospital. En este caso se podría necesitar conexiones de fibra óptica.</li> <li>● <b>No prioritarios:</b> en este caso la velocidad no es fundamental, por lo que se puede utilizar en la práctica cualquier tipo de red y velocidad de línea. <b>Ejemplo:</b> servicio domiciliario en el que diariamente un paciente tuviera que remitir diversos datos fisiológicos, como la presión arterial o un electrocardiograma (telemonitorización en diferido).</li> </ul>
Tiempo real	Estos servicios necesitan cursar gran cantidad de información casi



	<p>instantáneamente. Se propone separarlos en dos tipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Críticos:</b> son los servicios en tiempo real en los que se necesitan una baja latencia y además cursar gran cantidad de tráfico al instante, ya que de otra forma podría causar algún perjuicio a alguno de los componentes del servicio de telemedicina. <b>Ejemplo:</b> una telecirujía.</li> <li>● <b>No críticos:</b> no representan un peligro para ninguna de las partes implicadas en el servicio de telemedicina. <b>Ejemplo:</b> impartir una clase a través de Internet, o utilizar un robot a distancia para realizar algún examen médico no intrusivo.</li> </ul>
--	--

*Tabla 2.11: Clasificación servicios telemedicina por velocidad de línea.*

## Fiabilidad

La conexión por la que tiene que prestarse el servicio de telemedicina necesita tener asegurada una fiabilidad dependiendo del tipo de servicio. Sería importante por ejemplo en servicios de urgencias en los que se necesite enviar información del estado de un paciente a un especialista médico. Se podría requerir de una alta fiabilidad en entornos rurales, con servicios básicos de asistencia médica, o durante el traslado en ambulancia de un paciente en estado grave.

En general se necesitará asegurar la redundancia de enlaces y de equipos de red y terminales para intentar prever cualquier fallo en el sistema [IEEE07], e incluiría dos o más conexiones a (si es posible) distintos proveedores de red. Se propone la siguiente clasificación.

Nivel	Descripción
Baja	<p>No se necesita realizar un envío fiable de la información, o la aplicación utilizada para la transmisión de la información se encargan de ello.</p> <p><b>Ejemplo:</b> sesión de videoconferencia educativa, en la que no importa si existe algún glitch en la comunicación.</p>
Alta	<p>La información que se transmita se debe recibir sin ningún tipo de error o alteración. Las líneas deben estar plenamente preparadas para ello, y el software que se utilice para transmitir debe asegurarlo.</p> <p><b>Ejemplo:</b> evolución de un electrocardiograma de un paciente y otros signos vitales. Un error en el envío de alguno de los parámetros puede</p>

	llevar a los médicos a tomar decisiones erróneas.
--	---

Tabla 2.12: Clasificación de un servicio de telemedicina por su fiabilidad

## Disponibilidad

Aunque pretendemos una disponibilidad máxima, hay que ser conscientes de que no siempre va a ser posible. Existirán situaciones extremas, como un apagón en la zona del paciente que afecte a las líneas principales y respaldo, obras que se lleven por delante los cables de su conexión, o una catástrofe natural que afecte a cualquier parte del esquema de red (hogar, proveedor de red, proveedor de servicios).

Dejando a un lado estas eventualidades, debemos ser capaces de asegurar que la disponibilidad sea máxima. Se propone la siguiente clasificación.

Disponibilidad	Explicación de servicio
Crítica	<p>En este tipo de servicios de telemedicina, se requiere que la línea esté disponible el 100 por cien del tiempo debido a que se utilizan para servicios de urgencia o de vigilancia, o que no debe cortarse en ningún momento mientras esté siendo utilizada.</p> <p><b>Ejemplo:</b> servicio de aviso de caída de un paciente en su casa.</p> <p><b>Ejemplo:</b> un cirujano practicando una intervención mediante el uso de un robot telecontrolado.</p>
No crítica	<p>Sería aquellos servicios que, por la información que tienen que transmitir o cuándo deben ocurrir, no son considerados como críticos.</p> <p><b>Ejemplo:</b> una videoconferencia de consulta entre especialistas.</p> <p><b>Ejemplo:</b> conferencias médicas para estudiantes a través de la red.</p>

Tabla 2.13: Clasificación de un servicio de telemedicina por su disponibilidad

## Confidencialidad

Otra de las preocupaciones de los distintos agentes en una red de telemedicina es la seguridad de la información que viaja por ella. Nadie quiere que su historial médico esté circulando por una red en la que, en cualquier momento, pueda ser interceptada y desvelar información que no le interesa a nadie más que a nuestro médico y a nosotros.

Las necesidades de confidencialidad dependen enormemente del tipo de servicio. Sin embargo, hay algunos que, debido a que realmente no transmiten información confidencial, obviamente este

parámetro no tiene ningún valor para ellos. Pero también existen otros en los que sólo una parte de la información o toda la información tienen que ser confidenciales. Por lo tanto, se propone clasificar la confidencialidad en tres niveles: nula, baja y alta confidencialidad.

Nivel	Explicación de servicio
Nula conf.	<p>El servicio de telemedicina no va a transportar ningún tipo de información confidencial.</p> <p><b>Ejemplo:</b> un servicio en el que el paciente tenga que pulsar un botón para indicar que ha sufrido algún tipo de percance, y simplemente marque un número de teléfono de alerta. No existe información transmitida salvo una señal de emergencia que no aporta nada más que eso. El origen de la llamada telefónica aparece en el terminal del proveedor de servicio de salud.</p> <p>También se puede suponer en los servicios de streaming de vídeos de conferencias médicas para Teleenseñanza, o vídeos para que el paciente haga ejercicios en casa para Telerehabilitación, en los que no hay necesidad de encriptar la comunicación.</p>
Baja conf.	<p>La información transmitida por el medio de transmisión, si se le quita los datos de la persona a la que pertenecen, no tienen mayores problemas para el paciente. La simple encriptación del número de la seguridad social del paciente valdría, enviando el resto de la información tal cual.</p> <p><b>Ejemplo:</b> un paciente que esté siendo trasladado al servicio de urgencias de un hospital y se le esté realizando un electrocardiograma, podría ser transmitido en plano el ECG en sí y sólo cifrar el nombre del paciente y su número de seguridad social.</p>
Alta conf.	<p>En estos servicios todos los datos son importantes, por lo que se necesita encriptar el 100 por cien de la información a transmitir.</p> <p><b>Ejemplo:</b> una sesión de videoconferencia con un especialista necesitaría ser íntegramente encriptada para asegurar la confidencialidad entre médico y paciente.</p> <p><b>Ejemplo:</b> el intercambio de historiales de pacientes entre centros sanitarios.</p>

*Tabla 2.14 Clasificación de un servicio de telemedicina por la confidencialidad de la información*

No se estima necesaria una mayor subdivisión en estos niveles de confidencialidad, aunque sí que podría darse el caso de tener distintos niveles de importancia dentro de un nivel. De esta forma, el historial completo de un paciente sería más importante que una mera videoconferencia entre médico y paciente, ya que la interceptación del historial proporcionaría una mayor cantidad de información. Esto podría llevar a requisitos más estrictos de encriptación y otras medidas de seguridad en unos casos que en otros.

## 2.3.- Cómo evaluar la viabilidad de un sistema de telemedicina

La importancia de evaluar un proyecto de telemedicina se explica perfectamente en el trabajo realizado por el Grupo de Bioingeniería y Telemedicina de la Universidad Politécnica de Madrid (OPS 2001) para la Organización Mundial de Salud:

*La evaluación de los proyectos de telemedicina, antes, durante y después de su desarrollo es importante por cuanto contribuye a que se cumplan las normas de seguridad del proceso, permite conocer la efectividad, utilidad y eficiencia del sistema, y aporta información real sobre la forma de maximizar el éxito del proyecto y garantizar la continuidad de iniciativas de similares características.*

Según este estudio, los criterios y factores característicos que deberían estar presentes al evaluar la viabilidad de un proyecto serían los que se muestran a continuación.

1. **El contexto político y legal para la práctica de la telemedicina:** es necesario crear los oportunos protocolos de actuación además de solicitar las licencias que sean necesarias en el ámbito de actuación para saber sobre quién recae la responsabilidad de las decisiones tomadas durante la prestación del servicio de telemedicina.

Si por ejemplo hay decisiones médicas a tomar en base a pruebas diagnósticas recibidas desde otro centro de salud, si hubiera un error en el envío o recepción de las mismas y no se hubieran tomado las oportunas medidas para corregirlo, no se podría garantizar a los médicos que deben valorar las pruebas que son correctas y que pueden tomar su decisión sin errores en base a ella.

2. **La viabilidad técnica:** durante la evaluación técnica de un sistema de telemedicina se debe prestar especial atención a su efectividad (la medida en que produce los efectos esperados), la confiabilidad (el buen funcionamiento del sistema), y su facilidad de uso (el diseño de la interfaz y la capacitación necesaria para su uso).

Un sistema que se cayera continuamente, que no estuviera supervisado por personal experto o que tuviera graves problemas de usabilidad de cara al paciente no sería un proyecto adecuado para la teleasistencia.

3. **La viabilidad institucional:** la instauración de un servicio de telemedicina en un centro de salud lleva a cambios organizativos que afectan a la plantilla, pero también de organización de recursos por parte de los gobiernos regionales que podrían optar por darles prioridad en entornos rurales sobre los urbanos. También se puede topar con problemas de financiación, que no esté bien definido el proyecto, o que no posea certificados que avalen su calidad, entre otros problemas que podrían llevar al servicio de telemedicina a ser rechazado por parte de las autoridades sanitarias del país.

4. **La viabilidad económica:** antes de realizar cálculos de costes, que también son importantes,

para establecer la viabilidad económica de un servicio de telemedicina hay que tener en cuenta cosas como el objetivo específico del estudio de viabilidad económica, cómo se van a cuantificar los beneficios esperados del servicio, o cómo predecir las consecuencias a largo plazo. No todos los beneficios y costos podrán ser cuantificados económicamente, pero se podrá apuntar objetivamente si posee más beneficios que costes.

### **Efecto de una línea de respaldo en la evaluación de un sistema de teleasistencia**

Puesto que queremos introducir una variable adicional a los servicios de telemedicina, sobre todo a los englobados en la teleasistencia, esto llevará a una serie de repercusiones que también deberemos evaluar. Se trata de añadir una línea de respaldo, así como una serie de mecanismos en red que nos permitan prever posibles caídas de la línea principal para que entre en funcionamiento la secundaria.

Tendrá repercusiones en ciertos aspectos a evaluar en el proyecto de telemedicina en el que se utilice. De los citados en el estudio de la UPM, habrá que tenerlos en cuenta sobre todo en:

- Calidad
  - Efectividad
  - Fiabilidad
  - Impacto sobre el proceso clínico
  - Impacto sobre el proceso organizativo
  - Impacto sobre la salud y el bienestar del paciente
  - Impacto sobre la opinión de usuarios y pacientes
- Acceso
  - Acceso al diagnóstico
  - Acceso al tratamiento y al seguimiento
  - Acceso a información de salud
- Aceptabilidad
  - Por parte de los pacientes
- Evaluación económica
  - Afectará a todos los apartados de la evaluación económica

Estos aspectos los tendremos en cuenta a la hora de evaluar la viabilidad de esta modificación a proyectos de telemedicina existentes. La previsión de caídas puede tener efectos muy positivos en aquellos proyectos cuya disponibilidad el 100 por cien del tiempo sea crítica, asumiendo el coste superior que tendrá para el proveedor del servicio de salud.

### 2.3.1.- Modelo de cuantificación de éxito en un sistema de telemedicina

Aunque acabamos de ver que los sistemas de telemedicina tendrán ciertos aspectos por los cuales podremos medir su grado de éxito, en la práctica también necesitaremos saber qué características cuantificables de esos aspectos podremos emplear para medir su nivel de utilidad y cumplimiento de lo que se espera de ellos. Necesitaremos, en definitiva, un sistema de evaluación para las organizaciones que tienen que llevarlos a la práctica y conocer si son factibles, eficaces, viables y sostenibles.

Por eso el problema está en qué medir y cómo medirlo. Actualmente existen modelos simplificados, como el de DeLone y McLean, que se suelen utilizar como base para establecer el grado de éxito de un sistema de información. Es un punto de partido adecuado para adaptarlos a los servicios de telemedicina y teleasistencia [IEEE02].

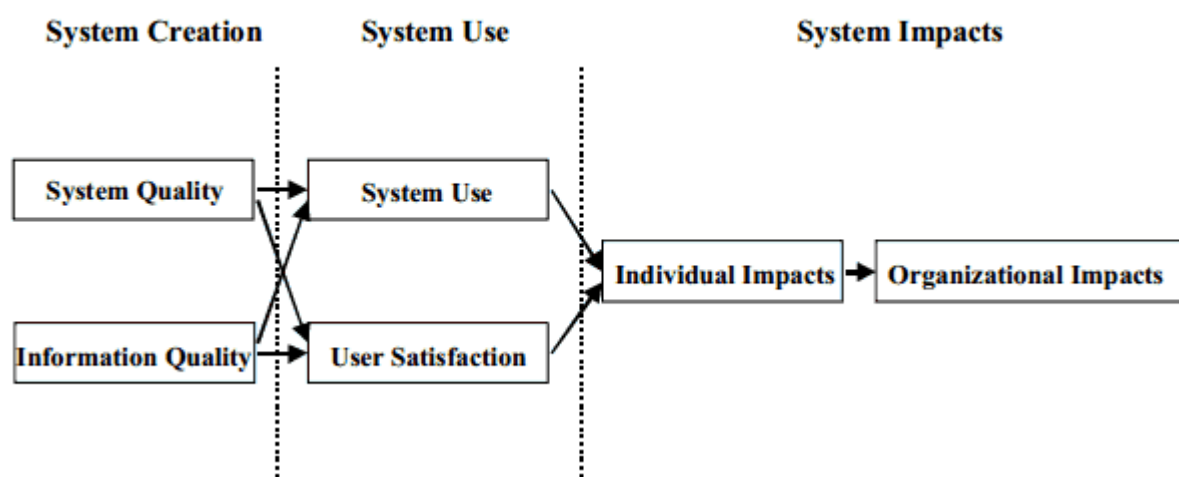


Figura 2.3: Evaluación del grado de éxito de la telemedicina [IEEE02]

En estos modelos se debe tener en cuenta también la opinión de los pacientes, de los profesionales de la sanidad e incluso de los cuidadores informales, y no sólo parámetros técnicos como la calidad de un sistema o de la transmisión de la información. Pero también el beneficio económico en cuanto a ahorro en ambulancias para el transporte de pacientes enfermos o del tiempo que no pierden los médicos en ir a realizar consultas a domicilio.

El modelo de DeLone y McLean data de 1987, y es una base muy utilizada para crear modelos revisados para los servicios de información actuales. Consiste en seis categorías básicas que cuantificarían el grado de éxito del sistema. Todos estos parámetros están relacionados entre sí, y el gráfico representa su evolución temporal, pero también se puede mirar desde una perspectiva causal: la calidad del sistema afecta a la satisfacción del usuario, y esta a su vez también al impacto del sistema de información en la toda la organización.

## Definición de las variables a estudiar

Debido a que cada sistema de información es distinto, cada uno de los apartado mostrados en el modelo de DeLone y McLean tendría una serie de variables cuantificables y medibles empíricamente definidas por aquellos que van a estudiar su grado de éxito.

Por ejemplo, en el lado de calidad de un sistema software (*System Quality*) podrían establecer diversas métricas relacionadas con el desarrollo de software, y en la satisfacción del usuario (*User Satisfaction*) podrían crearse una serie de preguntas con nota numérica a realizar a distintos usuarios y que permitirían extraer un resultado numérico de su satisfacción con el sistema de información, aunque es más difícil de lo que parece a simple vista.

## Modelo revisado

Un modelo revisado, establecido por Paul Jen-Hwa Hu, de la Universidad de Utah [IEEE02], da una mayor interacción entre los distintos elementos de los servicios de telemedicina al tener en cuenta más parámetros, manteniendo la relación temporal y causal entre los elementos.

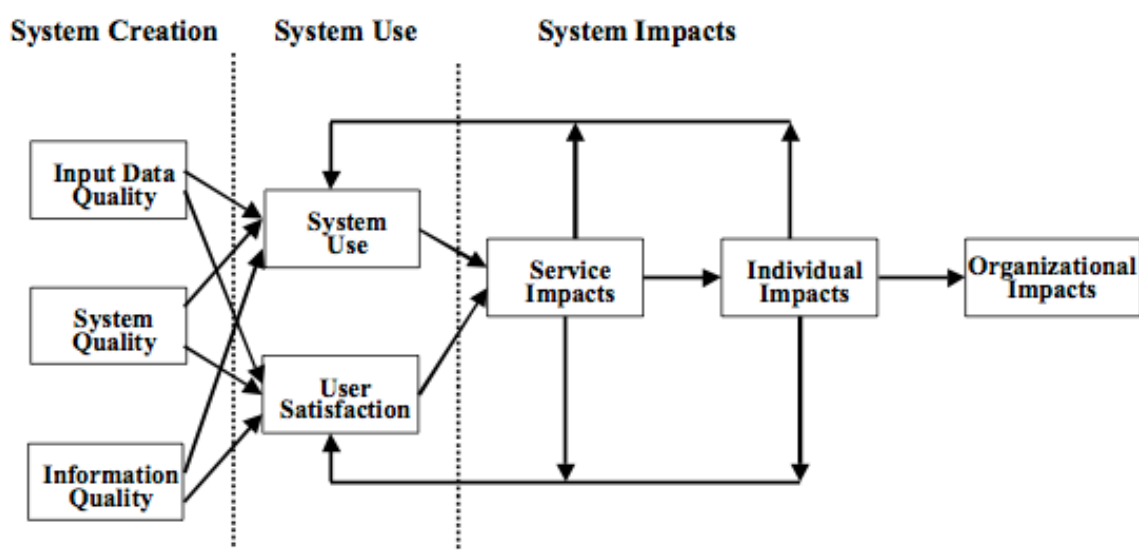


Figura 2.4: Modelo revisado para la evaluación del éxito de la telemedicina [IEEE02]

Añade como información a medir la calidad de los datos de entrada y el impacto causado por el servicio. También añade un proceso de retroalimentación en el impacto del servicio y los individuos en la satisfacción de los usuarios y en la utilización del sistema.

## Importancia de las líneas de respaldo en un servicio de teleasistencia

En un servicio de teleasistencia en el que es importante tener continuamente monitorizado a un paciente que se encuentre en su hogar, mantener una línea de respaldo que se active en caso de que la principal



tenga una elevada cantidad de errores afectaría tanto a la calidad de los datos de entrada pero también a la calidad del propio sistema.

Como vemos, al mejorar dicha calidad también proporciona beneficios tanto en la satisfacción del paciente (pierde el miedo a que el sistema no funcione o lo haga incorrectamente), al uso que se hace del sistema por parte de otros implicados como los cuidadores informales y personal sanitario (reciben información adecuada sobre su estado). Esto a su vez afecta a la valoración del servicio (mejora su funcionamiento), su impacto sobre las personas implicadas (reduce los errores provocados por información errónea) y en la propia organización, que puede utilizarlo para justificar la ampliación del servicio a nuevas regiones o más pacientes.

Así pues, vemos que ningún apartado de un servicio de telemedicina está aislado, y que incluso la calidad de cosas que parecen poco importantes a priori, como la calidad de una línea de transmisión, pueden afectar negativamente al conjunto del servicio.

## 2.4.- Situación actual de los servicios de telemedicina en el mundo

Cada día son más los proyectos de telemedicina que se están creando para aprovechar las ventajas de este tipo de servicios que ya hemos visto anteriormente, entre las que se encuentran una reducción de costes y un mayor acceso de la población al sistema sanitario desde entornos rurales.

Pero de momento se centran en uno de los tipos de telemedicina que se pueden considerar básicos para el buen funcionamiento del sistema de salud: el de la gestión, transmisión y almacenamiento de los historiales clínicos de los pacientes y la gestión de citas. También intentan integrar los distintos servicios de una misma organización, como pueda ser la atención primaria, atención especializada, pruebas diagnósticas, laboratorio, etc. Ahora nuestro médico de cabecera tiene un fácil acceso a las pruebas que nos hayan podido realizar un especialista en un hospital, algo que no era posible hace tan solo unos años.

En España son multitud de empresas las que, en las diferentes comunidades autónomas, proporcionan servicios de telemedicina al sistema sanitario público. Eso desemboca en que si tenemos una urgencia en Granada, no puedan tener acceso a nuestro historial en Asturias debido a sistemas incompatibles de almacenamiento de datos [RedTel2]. De ahí la necesidad de usar sistemas abiertos y la estandarización de procedimientos de transferencia y almacenamiento de historiales clínicos a nivel nacional.

Esta fragmentación en la prestación de servicios sanitarios sólo perjudica a los pacientes y profesionales médicos. Existe un programa gubernamental denominado Sanidad en Línea que establece las pautas a seguir para centralizar el historial clínico, cita electrónica, recetas y servicios de telemedicina, englobado en el Plan Avanza y Programa Ingenio de I+D+i.

### 2.4.1.- Problemas de los servicios internacionales de telemedicina

Si ya nos vamos a Europa, también existen diversas iniciativas para intentar estandarizar los servicios de telemedicina. Aunque para ello, primeramente los países tienen que resolver sus propios problemas, además de otros que se plantean al colaborar con organismos de otros países. Se trata de problemas que también se plantean a nivel nacional y de cada comunidad autónoma en España [ePSOS02]:

- **Legales:** establecer la normativa que permita compartir datos privados de un paciente, para asegurar su privacidad.
- **Organizativos:** saber quién sería el responsable de organizar la infraestructura y personal necesarios para que este intercambio de información y sistemas se realizase correctamente en todo momento.

- **Semánticos:** en cada país se tiene una forma distinta de organizar la información médica del historial de un paciente, por lo que se necesita unificarla de alguna forma para que sea entendible por los médicos de cualquier país europeo.
- **Técnicos:** no todos los países tienen un mismo grado de penetración de Internet, ni las mismas infraestructuras. En regiones internas de Europa, con menos espacios rurales como en Alemania, hay menos problemas a la hora de acceder a las redes de alta velocidad de ADSL y fibra óptica, lo que lleva a poder usar con mayores garantías servicios de videoconferencia con especialistas o de revisión del médico de cabecera.

## 2.4.2.- Estado de los servicios de salud en el mundo

Gracias al avance de la sociedad de la información y mejora de las redes de telecomunicación, prácticamente todos los países del mundo están implicados de una u otra forma en proyectos de teleasistencia y telemedicina. Se requeriría de varios libros y una concienzuda investigación para establecer el marco actual exacto de la telemedicina, por lo que a continuación vamos a exponer diversas iniciativas que nos parecen interesantes y que se están llevando a cabo en diversas partes del mundo.

### 2.4.2.1.- América

Uno de los lugares en los que más se está avanzando en la prestación de servicios de salud es EE.UU. Siendo el tercer país con mayor población (315 millones de habitantes) y siendo el cuarto país con mayor superficie del mundo, es uno de los que necesitan un mayor apoyo en la telemedicina para dar atención especializada a sus habitantes.

La denominada Acta de protección del paciente y tratamiento asequible (del inglés *Patient Protection and Affordable Care Act* [Hgov]) promulgada por Obama además introduce diversos aspectos legales por los cuales los centros sanitarios deberán integrar en breve ciertos servicios de salud electrónica como los historiales clínicos electrónicos (EHR) o perderán parte de su financiación.

Sin embargo, aunque en México y América del Sur le están dando una atención especial a los servicios de telemedicina, con una extensa bibliografía describiendo la problemática específica de las zonas montañosas y las junglas con que cuenta el territorio, se enfrentan sobre a la inexperiencia de los médicos de los que depende, en última instancia, el éxito de estos servicios.

### 2.4.2.2.- Europa

Debido a las características especiales de Europa como unión de naciones con distintas culturas y lenguas, los esfuerzos de la telemedicina están orientados sobre todo a estandarizar la forma de

compartir información médica y a crear un marco europeo común. Es un acercamiento que se está llevando en todos los ámbitos, y por eso, pese a distintos avances en países específicos, hay que prestarle una mayor atención a este tipo de programas de telemedicina a nivel europeo.

## epSOS

Debido a los convenios y marco único de cooperación entre los integrantes de la Unión Europea, el campo de la telemedicina no se ha dejado de lado. Tras muchos años de analizar los problemas de integrar una forma unificada de gestionar la información de los pacientes, se ha terminado de desarrollar y empezado a implantar el proyecto epSOS [epSOS01].

El proyecto epSOS (Servicios Inteligentes y Abiertos para Pacientes Europeos) es una iniciativa de la UE para facilitar el intercambio de registros de pacientes y la creación de la receta electrónica Europea funcional entre los diferentes sistemas de salud Europeos. Esto permitirá a los ciudadanos Europeos recibir servicios de salud fuera de su propio país en caso de emergencia médica sin trabas burocráticas.

Los servicios que se están proporcionando son relacionados con dos temas fundamentales para la medicina en general: el historial de los pacientes y servicios de prescripción de recetas. El historial incluye información básica del paciente, así como alergias, implantes o cirugías por las que ha atravesado. La prescripción de recetas sirve para solicitarlas en cualquier país de la Unión Europea al estandarizar la forma de indicar su nombre, dosis, etc.

El programa cuenta con el apoyo la mayoría de países importantes, incluida España, como se puede ver en la siguiente figura. También se están realizando pruebas piloto para integrar los servicios de emergencia 112, creación de una tarjeta médica sanitaria europea (del inglés *European Health Insurance Card*, EHIC), o el acceso de los pacientes a su información médica.

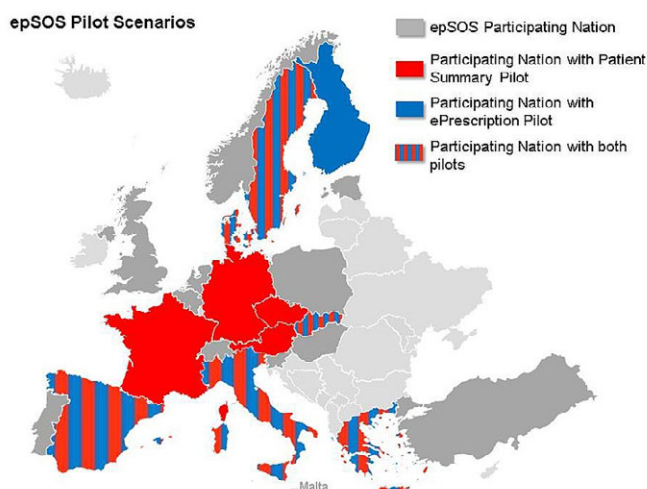


Figura 2.5: países participantes en pruebas piloto del programa epSOS

## 2.5.- Proveedores de servicios de salud

Los proveedores de servicios de salud tienen uno de los papeles más importantes en el modelo de la telemedicina. Al fin y al cabo, son los que ponen los conocimientos médicos y el personal sanitario cualificado como para que se puedan llevar a cabo en última instancia. Incluso aplicaciones como las de teleadministración deben llevar el visto bueno de los médicos para dar fe de que un paciente está listo para ser dado de alta, o que una receta médica se puede dispensar tras consultar el historial del paciente.

Pero la telemedicina no deja de ser un tipo de servicio más que proporcionan los proveedores de servicios de salud, ya se trate de agencias gubernamentales como el Ministerio de Sanidad, movimientos humanitarios internacionales como Cruz Roja, u hospitales y centros sanitarios fundados con capital privado.

### 2.5.1.- Personal y equipamiento

Para poder implantar estos servicios de salud, los organismos deberán estudiar la situación socioeconómica del país o región en el que se va a prestar el servicio. En algunos países, especialmente en Hispanoamérica, los profesionales sanitarios reciben unas remuneraciones salariales muy por debajo de a lo que estamos acostumbrados en España, y por debajo de lo que cobran otras profesiones y empleados públicos.

Además, en muchos casos los médicos de cabecera y especialistas no tienen el suficiente tiempo como para atender adecuadamente a los pacientes, lo que hace que no realicen en ocasiones un diagnóstico correcto.

Por eso los beneficios de un servicio de telemedicina afectan directamente, para lo bueno y para lo malo, a los proveedores de servicios de salud. En el entorno público, en muchos casos no será viable establecerlos debido a [Introd] [ProvSal] [TelQuality]:

- Falta de entrenamiento en el uso del equipamiento.
- Falta de motivación del personal para utilizarlo.
- Equipamiento o servicio poco fiable para realizar un diagnóstico.
- El trato con el paciente se realiza de una manera fría y distante, que puede llevar al rechazo del servicio por parte de los pacientes.
- Desconfianza por parte del paciente. Esto se debe a situaciones en las que el paciente no es preguntado por sus síntomas y el médico y enfermera a uno y otro lado pasan la mayor parte del tiempo de la consulta ajustando la cámara para ver distintas zonas del paciente.

Los proveedores de servicio deberían dar la adecuada formación al personal que vaya a gestionar un

servicio de telemedicina. Esto incluye al personal sanitario como a los que tienen que gestionar el buen funcionamiento del mismo (los médicos no deben preocuparse de establecer videoconferencias o de comprobar que el equipamiento diagnóstico esté funcionando correctamente).

Pero los servicios de telemedicina bien establecidos necesitan crear una predisposición positiva hacia ellos por parte del personal sanitario [Introd] [ProvSal] [TelQuality]:

- Requieren de una alta fiabilidad: no deben estar preocupados en si funcionará, perder el tiempo comprobando por qué no funciona, o que la información llegue incorrectamente.
- Deben asegurar la privacidad de la información que manejan, así como su confidencialidad.
- Facilitan la gestión de su agenda médica.
- Formación sobre el uso del equipamiento.
- Equipamiento adecuado a las necesidades del servicio.
- Proporcionan nuevos conocimientos a los que los usan.

Tanto médicos como pacientes tendrán que cambiar de mentalidad ya que la telemedicina introduce nuevas formas de interactuar entre médico y paciente, teniendo que realizar exámenes físicos sin tener que tocar al paciente.

### **2.5.2.- Licencias y certificaciones**

Además de los aspectos que afectan al personal y equipamiento del servicio, los proveedores de servicios de salud deben obtener las oportunas licencias y certificaciones de los gobiernos. Estas licencias permiten asegurar que van a llevar a cabo su función de acuerdo con unos estándares mínimos de calidad establecidos por las leyes vigentes [MonMed].

En estos mínimos se incluirían los requisitos tecnológicos para proporcionar, por ejemplo, un servicio de teleasistencia, relacionada con la disponibilidad de los enlaces o de los equipos implicados. Pero también relacionada con el uso de la información obtenida, tiempos de respuestas, privacidad, etc.

Según el tipo de servicio de telemedicina, estas licencias y certificaciones serán distintas, ya que por ejemplo en servicios menos críticos como la teleeducación serán menos restrictivas, pero en servicios de telecirugía podrían llegar a ser inviables en muchos casos (y que se tendrá que valorar en el estudio de viabilidad para la implantación del servicio).

### **2.5.3.- Interoperabilidad**

Uno de los puntos fundamentales de cualquier servicio de telemedicina es la interoperabilidad. Toda la información que se transmita y reciba debe ser independiente de fabricantes específicos y por eso

existen una serie de requisitos fundamentales en su desarrollo.

- *Software open source*: esto posibilita que equipos de distintas compañías puedan entenderse sin tener que pagar por software propietario que en muchos casos pueden dejar de recibir soporte o incluso desaparecer completamente.
- *Estándares abiertos*: los sistemas de información complejos, como los de telemedicina y teleasistencia, transmiten distintos tipos de información dentro de su red. Pero esa información también debe poder ser enviada y recibida por servicios de otros hospitales, regiones o países. Existen distintos estándares para la homogeneización de, por ejemplo, un historial clínico, pero también para el formato en el que hay que enviarse radiografías o realizarse videoconferencias a través de Internet.

## HL7

Para asegurar la interoperabilidad entre distintas aplicaciones de telemedicina está cobrando fuerza un grupo internacional denominado *Health Level Seven* (HL7). Se está encargando de promover distintos estándares informáticos que faciliten compartir información entre aplicaciones, y existen grupos fomentando su trabajo en distintos países del mundo, incluido España. Se fundó en 1987 y está acreditado por el Instituto Nacional Americano de Estándares (ANSI).

Sus estándares tienen desde abril de 2013 el carácter de estándares abiertos y se pueden descargar de forma pública. Entre ellos hay algunos de intercambio de mensajes de red, para el intercambio de historiales clínicos, o incluso para la sincronización de aplicaciones en tiempo real (de lo más crítico en telemedicina).

Entre los más importantes están HL7 CDA (*Clinical Document Architecture*), utilizada para la elaboración y codificación de documentos clínicos por los proveedores de servicios de salud. Estos documentos son posteriormente compartidos con otras instituciones sanitarias mediante IHE XDS (*Cross-Enterprise Document Sharing*) [HL7OWL].

## OpenEHR

Otro ejemplo de interoperabilidad es OpenEHR [HL7OWL], un estándar abierto que permite definir tanto la información como el conocimiento empleando para esto último arquetipos (un modelo formal con definiciones de diversos conceptos) con los que garantizar su reusabilidad para diversos contextos.

La información clínica se especifica utilizando UML, creando un modelo genérico sin especificar la semántica particular para cada servicio de telemedicina. El conocimiento se especifica mediante ADL (*Archetype Definition Language*), y que representa conceptos clínicos particulares independientes del

software, alejándose de la forma actual de hacerlo en los sistemas de información de salud ya que estos los definen dentro del software. Esto tiene un efecto colateral y es un ahorro en el coste del desarrollo al no tener que tocar el software si hay cambios en los conceptos.

### **ISO/IEEE 11073 (X73)**

Otra normativa que intenta estandarizar el intercambio de información entre dispositivos médicos y sistemas de información es la ISO/IEEE 11073 (X73), pero dentro de la Unión Europea [FMISO11073] ya que es promovido por el Comité Europeo de Normalización. Abarca todos los niveles del modelo OSI, facilitando el intercambio de datos en tiempo real.

### **2.5.4.- Infraestructura de red**

No nos debemos de olvidar tampoco de que las propias compañías utilizarán sus redes internas, en muchos casos ya implantadas y en funcionamiento, para gestionar los servicios de telemedicina. Por eso deberán realizar los cambios oportunos a las mismas para adaptarlas a los nuevos servicios, o para mejorar los existentes.

Esto puede incluir cosas básicas como:

- Establecer enlaces de fibra óptica hasta los equipos que deben monitorizar a los pacientes, debido a su alto ancho de banda y baja latencia. También son útiles para aquellos servicios que requieran videoconferencias. Esto lo veremos con más detalle en el Capítulo 3.
- Priorizar el tráfico de los servicios de telemedicina sobre los demás tipos de tráfico. En ningún caso puede no llegar a establecerse una conexión remota con un paciente porque la red interna esté saturada con tráfico poco prioritario.
- No introducir retardos en el tráfico. En muchos casos, esto significa asegurarse que dispositivos como *firewalls* o *proxies* funcionan correctamente.
- En última instancia, realizar una auditoría sobre si su red actual es adecuada para los servicios de red que se quieren implantar, y tomar las medidas pertinentes.

Aunque en este libro nos vamos a centrar en el lado del paciente y tomaremos algunas conclusiones al estudiar las características de los enlaces que van de proveedor de red a casa de paciente, gran parte del estudio se podría aplicar perfectamente al la red de acceso desde el proveedor de red hasta el proveedor de servicios.



## 2.6.- Proveedores de red

Los proveedores de red son los encargados de dar servicio de telefonía y acceso a redes de datos a los clientes a través de la infraestructura de red que mantienen y gestionan: dicha infraestructura de red debe cumplir una serie de requisitos mínimos para que pueda dar el servicio que el cliente solicite.

En el caso que nos ocupa, dichos servicios se basan, sobre todo, en la fiabilidad tanto de la red de acceso del proveedor como de la red troncal del mismo que permite interconectar al usuario final con el hospital, bien a través de un único proveedor de servicio o bien mediante la interconexión de las redes troncales de diferentes proveedores de servicio que permitan la interconexión final entre ambos extremos, bien sea paciente y centro asistencial, o paciente y hospital.

Dicha infraestructura de red debe estar redundada para evitar en la medida de lo posible que un corte localizado en una o varias partes de la red puedan generar un corte en el servicio del cliente lo cual, para determinados tipos de servicios de telemedicina pueden ser críticos.

Para conseguir dicha conectividad extremo a extremo y permitir que ambos lados tengan libertad a la hora de elegir el proveedor de servicio se debe usar o bien una red privada virtual (VPN) en la que todos los proveedores de servicio permitan la interconexión con otros proveedores de servicio a través de sus redes troncales, lo cual encarece el servicio o bien mediante el uso de Internet, siempre y cuando se garantice que ambos extremos pueden cumplir con los requisitos que permitan ofrecer el servicio con garantías.

### Qué deben aportar los proveedores de servicios

Para que los servicios de telemedicina y teleasistencia puedan llegar a ofrecer la calidad requerida tienen que cumplir los requisitos antes definidos.

Por ello, los proveedores de servicio deben garantizar:

- Interconectividad con otros proveedores de servicio existentes sin pérdida de los servicios contratados en cada extremo (calidades de servicio, disponibilidad, backups en red).
- Disponibilidad y calidades de servicio (del inglés *Quality of Service*, QoS, de lo que hablaremos en el Capítulo 3) en el extremo de la comunicación válidas para el servicio, cumpliendo con los requisitos de errores, retardos y jitter establecidos a nivel IP, tanto para el paciente o el cuidador ocasional como para el centro de salud como el hospital.
- Obtener las certificaciones pertinentes para proporcionar la calidad de servicio, demostrando que serán capaces de gestionar correctamente los servicios de telemedicina que los precisen y dar la confianza necesaria a los proveedores de servicios de salud [IEEE10].

- Redundancia total tanto en el bucle local como en la red de acceso y troncal para evitar en la medida de lo posible que el servicio pierda continuidad.
- Tiempos de respuesta ajustados a los acuerdos alcanzados con los proveedores de servicios de salud (denominados acuerdo de nivel de servicio, del inglés *Service Level Agreements*, SLA) en el caso de que haya incidencias en la línea de acceso, informando adecuadamente al proveedor de servicios de la causa y una estimación del tiempo de resolución de la incidencia [IEEE10].

Por lo que el proveedor de servicio deberá garantizarse que dichas características se cumplen y comprobar capturando tráfico que dicho etiquetado se hace efectivamente. Además se deben programar, sobre todo en los puntos críticos que tenga nuestro sistema, pruebas dejando bloqueados los diferentes puntos o interfaces del modelo provocando fallos de conexión para garantizar tanto que los servicios de backup de los equipos tanto como los equipos redundantes del proveedor de servicio estén correctamente configurados y funcionando garantizando así que la disponibilidad del servicio extremo a extremo es total.

### 2.6.1.- Servicios de teleasistencia en los que están implicados actualmente los proveedores de red en España

Dentro del territorio español, los proveedores de red actuales no tienen implantados servicios o ramas departamentales exclusivas encargadas de implantar servicios de teleasistencia o telemedicina como tales.

Únicamente Telefónica de España, dentro de la rama de negocio eHealth, cuenta con servicios de teleasistencia y proyectos asociados a telemedicina englobando diferentes departamentos para su consecución. Algunos de los proyectos de teleasistencia y telemedicina en los que está involucrados son los siguientes:

- **Monitorización remota del paciente:** supervisa a 12.000 pacientes de alto riesgo en un proyecto de prueba en Valencia [TelDigital].
- **REHABITIC:** se trata de un servicio de telerehabilitación para pacientes operados de rodilla y que consigan hacer la segunda fase de la rehabilitación desde sus casas [REHABITIC].
- **Home Nursing Service (HNS):** es un proyecto que permite el acceso a medicamentos, constantes vitales, cuestionarios, etc., a través de una tableta Android, un monitor biométrico y un dispensador Bluetooth [TelHNS]. Está orientado tanto a pacientes como cuidadores informales y proveedores de servicios de salud.

## 2.7.- Caracterización de los usuarios

Todos estos servicios de telemedicina y teleasistencia tienen como objetivo mejorar la calidad de vida de los pacientes, pero también de sus familiares o cuidadores informales. Cuando un discapacitado no puede desplazarse al hospital para una consulta de especialista por no haber una ambulancia disponible, o que le toque esperar horas a que le puedan llevar, puede causar estragos en el estado de ánimo del paciente. Y no se debería perder de vista que el estado de ánimo es también muy importante en la mayoría de los tratamientos médicos.

Sustituir dichos desplazamientos a los hospitales por una sesión de teleconsulta con un especialista, o simplemente enviar al centro sanitario los parámetros fisiológicos necesarios para el seguimiento de su caso reporta un beneficio muy importante para el paciente. Es por ello que conocer y asegurar el buen funcionamiento de los equipos y las redes es realmente importante.

### 2.7.1.- Pacientes

Mejorar la calidad de vida de los pacientes es el principal objetivo de la telemedicina, y por tanto tenemos que saber cuáles son sus necesidades y los problemas a los que se enfrentan en este tipo de servicios.

Hay que tener en cuenta que, con la evolución tan rápida de la tecnología, los mayores beneficiados en potencia para los servicios de telemedicina son los que menos saben manejar la tecnología. Esta barrera tecnológica es la más importante a tener en cuenta a la hora de llevar al hogar de las personas mayores y ancianos aparatos monitorización y teleconsulta.

Por ello, algunos de los parámetros más importantes para hacer que los pacientes acepten estos servicios en su vida cotidiana podrían incluir:

- Si el sistema es adecuado a sus necesidades
- Sistema fiable, miedo a que falle cuando se le necesita
- Facilidad de uso
- Privacidad de lo que hace
- Confidencialidad de los datos que se transmiten
- No intrusivo
- Que no reporte grandes desembolsos de dinero

Hoy en día la telemedicina se centra sobre todo en las conexiones a Internet de los centros sanitarios y de los pacientes, y por tanto la barrera tecnológica es mucho menor que a finales del siglo XX. Salvo para los más ancianos, Internet es un gran conocido por la mayoría de la población, pero las conexiones

hasta el hogar de ADSL sigue teniendo una visión pobre, de mal servicio y que se caen mucho. Aunque en los últimos años ya no sean tan frecuentes las caídas, tampoco llega el ADSL a una velocidad razonable a todas partes por la necesidad de tener una central a menos de 1 kilómetro.

Confiar tu monitorización a una conexión “poco fiable” desde el punto de vista de la mayoría de los usuarios provoca un rechazo a estos servicios. De ahí la necesidad de proporcionar a los sistemas de medidas de contingencia, para mejorar la opinión de los usuarios del sistema y eliminar el miedo a que, sobre todo, los servicios de teleasistencia fallen cuando ocurra una situación de crisis.

Otro factor muy importante para que estos sistemas de telemedicina tengan una mayor aceptación en los pacientes es que los sensores que permiten tomar medidas sean lo menos invasivos posibles. Por ello, es necesario permitir que el paciente, en su residencia, esté siendo monitorizado por múltiples sensores que proporcionan en cualquier momento información sobre su estado de salud.

Existen estudios sobre las características que les gustaría a los pacientes mayores que un sistema de teleasistencia les proporcionara a nivel personal ([IEEE08] tabla 1, traducida a continuación):

Actitud del usuario	Importancia
Que sea permanente, sintiéndome protegido y seguro las 24 horas del día.	Muy importante
En caso de emergencia, es rápido y se encargan de mí con urgencia.	Muy importante
Me hace sentir seguro tener una alarma y sistema de control que no fallan.	Muy importante
Puedo estar en contacto con mis amigos y familiares.	Importante
No me siento solo, y me ayuda a gestionar mi salud y mi cuidado personal.	Importante
Tengo consultas con mi doctor desde mi casa mediante el ordenador.	Sin gran importancia
No necesito salir de casa para hacer la compra diaria ni otras tareas.	Sin gran importancia

*Tabla 2.15: Estudio sobre aspectos importantes para pacientes mayores de un servicio de telemedicina*

Se pueden integrar en estas redes personales diversos elementos tecnológicos modernos, como televisiones inteligentes, móviles, escáneres y videocámaras para dar una mayor personalización a los servicios, a la vez que mejorar la calidad de vida del paciente.

Sin embargo, siguen existiendo problemas con respecto a la velocidad de estos sensores no invasivos, además de que el paciente tiene que comprender sus distintos modos de funcionamiento, algo que no siempre es sencillo de explicar ni de aprender por personas mayores. A esto se une que no siempre son cómodos de transportar.

Por último, otro problema abierto en muchos países del mundo, como ya hemos visto, se trata del

económico, ya que los dispositivos necesarios para prestar el servicio de teleasistencia puede tener que ser comprados por los pacientes y no tienen en muchos casos que sus seguros médicos les cubran los gastos.

### **2.7.2.- Cuidadores informales**

Aunque sean la parte más importante de un sistema de teleasistencia, los pacientes no son los únicos implicados. El personal y los familiares que deben estar siempre informados sobre la situación de los pacientes son los que se denominan cuidadores informales.

Estos cuidadores deben ser avisados cuando haya un cambio importante en la situación de los pacientes, ya sea porque haya ocurrido algo en sus casas o porque al dar un paseo vayan a entrar en una zona con poca cobertura.

En este caso no suele ser un problema serio la barrera tecnológica, ya que o bien son personal cualificado, o son un familiar con el entrenamiento o conocimientos en tecnología suficientes como para interpretar información y manejar el equipamiento necesario.

El problema psicológico de saber a ciencia cierta de que todo el sistema de teleasistencia funciona correctamente sí que sigue presente, y más que nunca. Aunque no se puede bombardear con información a los cuidadores informales, sí que hay que proporcionarles aquella que sea relevante para el estado del paciente. Esto requiere que el sistema prediga cuándo va a acaecer una situación en la que es necesario realizar el aviso a las partes implicadas.

Por lo tanto, las características más necesarias para los cuidadores informales serían:

- Sistema fiable, miedo a que falle cuando se le necesita.
- Facilidad de uso.
- Información apropiada y que no lleve a equívocos.

Es muy importante que la información que proporcione el sistema se ajuste al evento que se esté produciendo para no llevar a tomar decisiones equivocadas sobre lo que está ocurriendo.

Aquí también podemos explotar todas las posibilidades de los avances tecnológicos para explotar mediante “apps” de móviles y tablets, televisiones inteligentes y ordenadores personales la información sobre el estado de salud de la persona que está siendo cuidada. Algo que agradecerán sobre todo los familiares más cercanos.

## 2.8.- Casos de estudio

Los servicios de telemedicina deben adaptarse a la mayor variedad de entornos posibles y, por lo tanto, a las necesidades de unos y otros tipos en cada país. Los factores de los que dependerán serán de carácter geográfico, demográficos, económicos, tecnológicos, socioculturales, organizativos, etc.

Países con poca densidad de población por kilómetro cuadrado, como Canadá y Australia (3.41 y 7.42 habitantes por  $\text{km}^2$ ), tendrán unas necesidades de servicio distintas a Alemania o Japón (229 y 337 habitantes por  $\text{km}^2$ ). En el primer caso, la importancia primará sobre la teleconsulta con especialistas médicos (ya que ir a un especialista físicamente podría obligar a tomar incluso avionetas para desplazarse desde un pueblo alejado de los núcleos urbanos) sobre los de teleasistencia.

Sin embargo, en países cuya población va envejeciendo a mayor ritmo con bajo índice de natalidad y una mayor densidad de población, la importancia es la contraria: los de teleasistencia para personas dependientes sobre la teleconsulta, ya que la cercanía a un hospital está asegurada.

Por eso, siendo España un país que envejece y que posee una densidad de población medio-alta, los servicios de teleasistencia son más importantes. Estos servicios deben ser capaces de adaptarse a la vida diaria de los pacientes, y esto implica la necesidad de que capte, analice, y almacene información multimodal.

Esta información es preferible adquirirla del ambiente en torno al sujeto [TelServCh], de una forma no intrusiva, con el uso de diversos sensores. En el caso de que el usuario esté fuera de su hogar, podría ser simplemente localizarle mediante GPS e intentar deducir si está en una zona en la que pueda perder la cobertura o hay algún cambio en su estado de salud para avisar a los cuidadores informales. En el hogar, saber si se encuentra en buen estado, si ha tenido una emergencia, etc., usando sensores ambientales y asegurando que, en caso de ser necesario, se va a comunicar con el proveedor de servicios (el centro de asistencia o el hospital) adecuadamente.

Los casos de estudio que vamos a analizar a continuación se tratan de aplicaciones prácticas de telemedicina que nos parecen interesantes de cara al conjunto de los implicados en sus servicios: el paciente, los cuidadores informales y el personal sanitario.

### 2.8.1.- Servicio de teleasistencia en el hogar

El servicio de telemedicina posiblemente más conocido por la población es el de la teleasistencia. Aunque existen diversos tipos dentro de ellos, el caso de estudio que vamos a detallar a continuación es el más generalizado en España, y se trata de la monitorización remota del estado de salud de un paciente.

#### Escenario

Un paciente recién salido del hospital tras una operación grave vuelve a su hogar con una serie de equipamientos de monitorización proporcionados por su centro de salud y que le son instalados por el proveedor de servicios de salud. Este equipamiento incluye una pulsera que le mide diversos parámetros fisiológicos que son enviados regularmente al centro de salud, en el que en caso de que alguno de ellos se salga de lo normal se solicitaría la atención de un médico de guardia para su evaluación y decidir si se tienen que llevar a cabo medidas adicionales como llamarle por teléfono o enviarle una ambulancia.

Adicionalmente, el paciente, debido a la gravedad de la operación, requiere una serie de consultas médicas con una periodicidad diaria en la primera semana, y posteriormente de tres veces a la semana durante el primer mes. Puesto que no es conveniente los desplazamientos por su propia cuenta (requeriría de una ambulancia para transportarle en camilla), también se utilizará el equipamiento instalado en su hogar para videoconferencias, puesto que es necesario verle la condición de su piel, ojos, y otros indicios de posibles complicaciones en su cuerpo.

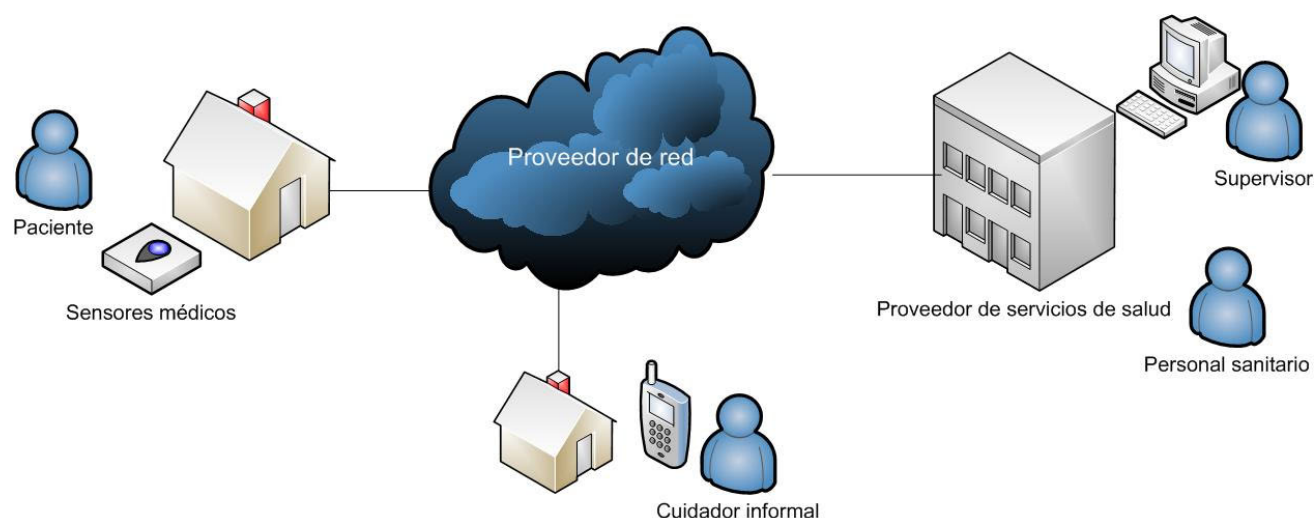


Figura 2.6: Caso de estudio: teleasistencia domiciliaria

## Actores

Los agentes implicados en este servicio serían los siguientes:

- **Paciente:** se debe monitorizar su condición de salud constantemente, además de realizar videoconferencias periódicas. Necesita un servicio de 24 horas, ya que durante los primeros días dispone de movilidad reducida, y es importante que si se tiene que mover por la noche esté y le ocurre algo, también se avise debidamente de su estado.
- **Proveedor de servicio de salud:** va a proporcionar los equipos y el personal para monitorizar el estado del paciente remotamente, incluido un médico de guardia y técnicos que aseguren el buen funcionamiento del servicio.
- **Cuidador informal:** se trata de un familiar, al que se informa de los cambios en su estado. Debe tener la certeza de que siempre va a estar informado de los cambios en el estado de su familiar.
- **Proveedores de red:** estos actores proporcionan las redes que permiten la conectividad entre el resto de los actores. Se utilizarán dos: uno para dar servicio la mayor parte del tiempo, y otro como respaldo. Puesto que la mayoría de los servicios de teleasistencia son críticos, los proveedores de red deben proporcionar la seguridad de que su red va a funcionar prácticamente el 100 por cien del tiempo, así como el del servicio de respaldo, comprobándolo periódicamente.

## Equipo necesario

Para poder proporcionar este servicio, se necesitan las siguientes piezas de tecnología:

- **Equipo de monitorización:** incluye la pulsera y otros sensores para enviar medidas a una unidad conectada a Internet que realiza el envío periódico de datos o el acceso a ellos en tiempo real.
- **Equipo de transmisión:** en este caso se piensa en un primer momento en utilizar ADSL al ser el más ventajoso por coste de despliegue y al disponer en la actualidad de una alta fiabilidad. Habrá que analizar si realmente sirve para proporcionar los servicios de teleasistencia que necesita el paciente.
- **Equipo de transmisión de respaldo:** se establece una conexión 3G como equipo de respaldo. En caso de caída en la línea principal, la cantidad de información médica a enviar periódicamente no será elevada. Sin embargo, el coste de una videoconferencia por este método puede suponer un coste considerable, así que no se utilizará con ese fin a priori.
- **Equipamiento del proveedor de servicio:** estos equipos incluirán la lógica (en forma de aplicación) que decida en base a los datos que reciba si tiene que generar algún tipo de alarma



para que la persona encargada de su monitorización tome las medidas oportunas en base a los protocolos establecidos para el servicio y el paciente. Incluye el equipo que le pertenezca tanto en sus oficinas como en la casa del paciente y del personal sanitario que supervise el caso.

## **Problemática específica**

Los pacientes que utilicen este servicio, como ya hemos explicado, deben tener la certeza de que en el momento en que lo vayan a necesitar va estar disponible. Teniendo en cuenta que en la actualidad no se puede asegurar que un acceso a Internet esté activo el 100 por cien del tiempo, hay que quitar el miedo a que deje de funcionar salvo por causas de fuerza mayor como puedan ser los desastres naturales.

Entre los equipos en el hogar del paciente damos por descontado que existirá alguno que proporcione electricidad en caso de apagones, pero no serviría para mantener una línea activa si el edificio en el que está la vivienda se queda sin luz, o deja de funcionar la central que le tiene que dar servicio. Tampoco le protege al usuario de que la línea tenga mala calidad de señal debido a interferencias, o que las líneas se encuentren saturadas.

En cuanto al proveedor de red, podemos dar por supuesto que necesitarán algún tipo de certificación o licencia para poder proporcionar los servicios de telemedicina y teleasistencia, asegurando la mayor calidad posible del servicio. En el caso que nos ocupa, aunque pueden ser la fuente de una falta de conectividad, entendemos que no es una parte que nos preocupe desde el punto de vista del paciente y del proveedor de servicios. No es una confianza ciega en ellos, pero igualmente estarán establecidos los protocolos en caso de que el proveedor de red no cumpla con sus obligaciones contractuales.

## **Cómo asegurar el éxito de este escenario**

A la hora de diseñar este tipo de servicios, y en lo relativo a las líneas que se decidan utilizar como principal, deberíamos tener en cuenta los siguientes aspectos para poder desplegar el servicio con éxito:

- Baja tasa de errores en línea, para asegurar la calidad de la información que va por ellas.
- Alta disponibilidad, que permita no tener que recurrir a las conexiones de backup, que suelen ser más lentas o caras habitualmente.
- Proveedor de red capacitado para proporcionar acceso a servicios de teleasistencia.
- Que permitan establecer videoconferencias de alta calidad: como hemos visto anteriormente, esto conlleva una velocidad mínima en la línea de 1 Mbps.
- Coste de la instalación y mantenimiento de la línea de cara a intentar dar el servicio a la mayor cantidad de pacientes posibles.
- Debe ser transparente de cara al paciente: no se debe preocupar jamás de si está funcionando bien o mal. Con esto además reforzamos la confianza en la tecnología de los pacientes más

reticentes a su uso.

- Ubicación del hogar del paciente: puesto que se trata de un servicio de teleasistencia, habrá que tener en cuenta el lugar de residencia del paciente a la hora de optar por unos servicios de acceso a Internet u otros. En entornos rurales es posible que se tengan que optar incluso por conexiones por satélite pese a ser más caras. Es incluso posible que en entornos rurales ni siquiera se puedan ofertar líneas de backup.
- Sistema por el cual se pueda detectar cuándo debe utilizarse el sistema de respaldo, antes de que se caiga la línea principal.
- La línea principal y la de backup deberían ir por proveedores de red distintos, aunque puesto que se trata de un respaldo 3G, puede no ser necesario.

## 2.8.2.- Servicio de seguimiento de pacientes fuera del hogar

Aunque muchas veces asociamos teleasistencia a los pacientes que se encuentran en sus hogares con una movilidad reducida a causa de sus problemas de salud, no siempre tiene porqué ser así. En el caso de algunas personas con enfermedades relacionadas con sus condiciones psiquiátricas, como por ejemplo que sufran de Alzheimer, pueden no necesitar demasiada atención en las primeras fases de la enfermedad, pudiendo salir de sus hogares sin problemas.

También las personas mayores adscritas a programas de teleasistencia pueden hacer una vida normal, aunque sean supervisadas por la noche o en diversos momentos del día. Otro uso práctico de los servicios de monitorización ambulatoria de pacientes es por ejemplo el que vamos a exponer en el siguiente escenario.

### Escenario

Un paciente, debido a una enfermedad crónica del corazón, necesita estar supervisado las 24 horas del día. Para hacer una vida normal y poder salir de casa, está adscrito a un servicio de teleasistencia ambulatoria que usa las redes WiFi y 3G para, si pudiera estar en una situación de riesgo, enviar una señal de emergencia con su localización para que se le envíe una ambulancia de forma inmediata.

### Actores

Los agentes implicados en este servicio serían los siguientes:

- **Paciente:** hay que recibir información periódica de su estado de salud mientras esté fuera de su casa, y avisar de si su móvil va a perder la cobertura.
- **Proveedor de servicio de salud:** va a proporcionar los equipos y el personal para monitorizar el estado del paciente remotamente, incluido un médico de guardia y técnicos que aseguren el buen funcionamiento del servicio.
- **Cuidador informal:** se trata de un familiar, al que se informa de los cambios en su estado. Debe tener la certeza de que siempre va a estar informado de los cambios en el estado de su familiar.
- **Proveedores de red:** estos actores proporcionan las redes que permiten la conectividad entre todos los implicados. Puesto que requiere movilidad, se tratará de un operador de telefonía móvil.

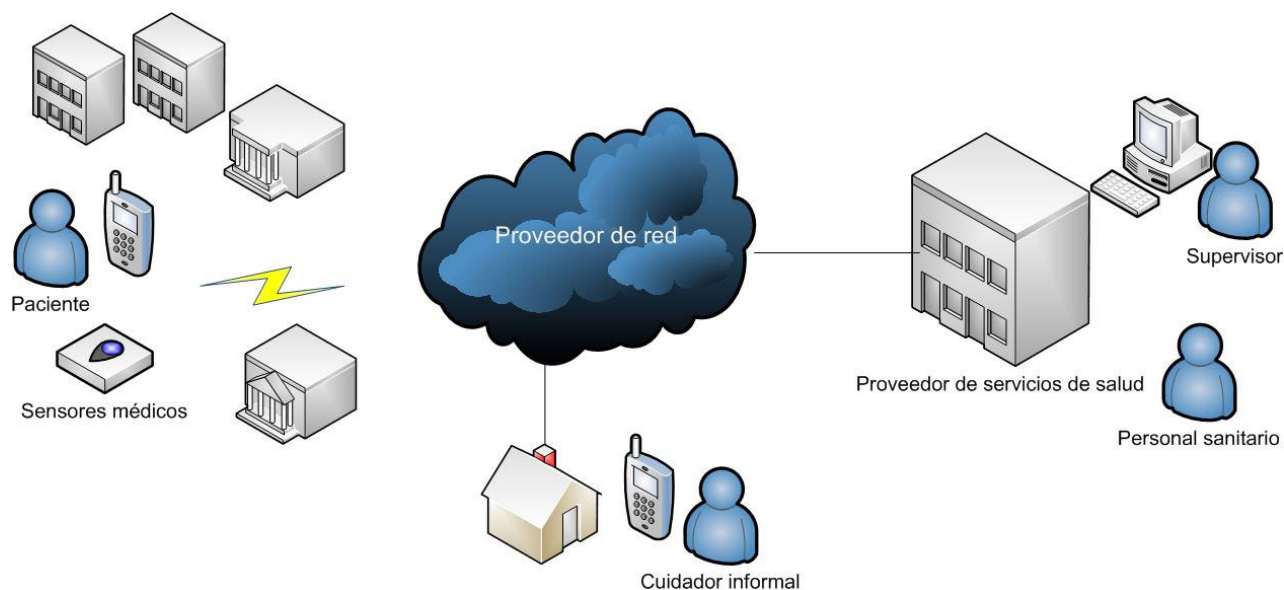


Figura 2.7: Caso de estudio: teleasistencia ambulatoria

## Equipo necesario

Para poder proporcionar este servicio, se necesitan las siguientes piezas de tecnología:

- **Equipo de seguimiento:** el paciente debe poder ser rastreado con algún tipo de dispositivo. Aunque se pudiera pensar en un primer momento en un teléfono móvil, en algunos casos no es lo más recomendable al tener el paciente que acordarse de cogerlo antes de salir de casa. En los casos de Alzheimer, hay muchas posibilidades de que esto no sea posible. Para el escenario actual, se opta por un smartphone. Además, porta una banda que monitoriza sus constantes vitales y que se comunica con el smartphone por Bluetooth LE (*Low Energy*) para indicar cambios en su estado que puedan necesitar intervención por parte del proveedor de servicios de salud.
- **Medio de transmisión:** una línea de telefonía móvil con tarifa de datos.
- **Equipamiento en el proveedor de servicio:** estos equipos incluirán la lógica (en forma de aplicación) que decida en base a los datos que reciba si tiene que generar algún tipo de alarma para que la persona encargada de su monitorización tome las medidas oportunas en base a los protocolos establecidos para el servicio y el paciente.

## Problemática específica

Este tipo de servicios están orientados a los pacientes con una movilidad que no esté limitada, por lo que surgen problemas relacionados con ellos. Se puede utilizar el dispositivo móvil que lleve encima para tener controlado continuamente su ubicación, pero es posible que durante sus paseos salga fuera de la cobertura de las torres de telefonía móvil, o que se encuentre en una zona interior sin cobertura.

En estos casos, el sistema que implemente el proveedor de servicios de salud debería ser capaz de distinguir entre si el usuario ha salido de la cobertura, si es algo habitual en sus paseos, si ha sido un problema de batería baja, etc. Este tipo de decisiones deben ser entrenadas en la aplicación para que no inunde a los cuidadores informales con los devenires del paciente y que reciban la información realmente útil: que algo grave le puede haber pasado.

### **Cómo asegurar el éxito de este escenario**

Este escenario, aunque sencillo a priori, puede plantear diversos retos a los que habría que dar respuesta:

- El dispositivo móvil que transporte el paciente debe informar cuándo es previsible que el usuario se quede sin cobertura. De esta forma, los proveedores del servicio pueden tenerlo en cuenta de cara a las acciones a tomar cuando salga de la cobertura.
- No va a poder existir un sistema de backup en caso de que la cobertura móvil se desvanezca. Quizás existan excepciones, como redes públicas de Wi-Fi a las que el dispositivo se pueda conectar automáticamente, lo más probable es que requieran algún tipo de intervención por parte del usuario para configurarlas.
- Debe ser transparente de cara al paciente: no se debe preocupar jamás de si está funcionando bien o mal. Con esto además reforzamos la confianza en la tecnología de los pacientes más reticentes a su uso.

Estos factores también podrían determinar la viabilidad de un servicio de teleasistencia de este tipo. Podría incluso requerir el diseño y fabricación de dispositivos específicos para el rastreo del paciente, siendo inviable o poco práctico el uso de un teléfono móvil.

## Capítulo 3

### *Redes telemáticas para provisión de servicios*

---

Los servicios de telemedicina requieren de conexiones fiables a Internet, tanto seguras, ya que los datos de una comunicación de este tipo tienen carácter privado, como permanentes o al menos que cumplan que cuando se les vaya a necesitar estén disponibles.

Hay que tener en cuenta que a nivel del paciente el corte de este servicio le afecta tanto o más como si se fuera la luz o el agua en nuestros hogares. Esta dependencia que estamos empezando a desarrollar hacia Internet en el caso de los servicios de teleasistencia se convierte en una necesidad vital, y en algunos casos de vida o muerte.

Por eso en este capítulo también describiremos distintos parámetros que pueden resultar útiles para valorar si un enlace está funcionando correctamente o no. Se trata de aportar datos objetivos y cuantificables sobre el estado de un enlace así como la forma de garantizar su funcionamiento. Con esos datos podremos tomar ciertas decisiones en siguientes capítulos, como por ejemplo a la hora de prever posibles caídas de la conexión o cuándo es mejor realizar una videoconferencia con un paciente en función del uso y estado de la red de su casa.

Después daremos un repaso a los servicios que ofertan las distintas operadoras en España, ya que son las que tienen que vertebrar la telesalud y de las que depende en última instancia su éxito o fracaso.

## 3.1.- Tipos de redes de acceso

Para poder conectar a los pacientes con el proveedor de servicios de salud se necesita la intervención del proveedor de red, encargado de permitir la conexión de equipos entre dos puntos distantes. Esta conexión se realiza en dos tiempos: conectando el hogar del paciente con la red del proveedor de red (mediante lo que se conoce como red de acceso), y el proveedor de red redirigirá la información transmitida hasta la red de acceso del proveedor de servicios de salud.

Las tecnologías que se utilizan en las redes de acceso no solo implican métodos cableados, sino que también pueden ser conexiones inalámbricas o satelitales. A continuación vamos a describir varios de los tipos más comunes de acceso.

### 3.1.1.- Acceso telefónico

Las primeras conexiones a Internet en los 90 se realizaban mediante modems conectados a las líneas telefónicas analógicas [RedComp, pág. 14], a los que se denomina acceso telefónico puesto que el software de los ordenadores tenían que llamar a un número de teléfono del proveedor de red. Este tipo de accesos usan señales analógicas, de los que provocan dos inconvenientes importantes a la hora de utilizarlos en servicios de telemedicina:

- Poseen una velocidad de transmisión máximo de 56 Kbps.
- Mantienen ocupada la línea telefónica de los pacientes mientras se está enviando y recibiendo información.

Por otro lado, es uno de los pocos servicios de acceso a internet que están disponibles allá donde exista una línea telefónica, por lo que en áreas remotas es una opción para servicios básicos de telasistencia.

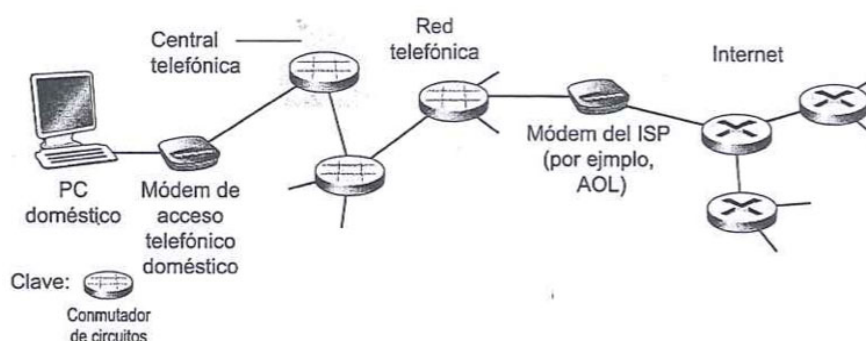


Tabla 3.1: Esquema de acceso telefónico a Internet. [RedComp, pág. 12]

### 3.1.2.- DSL

Los tipos de acceso de banda ancha se basan generalmente en las redes establecidas por las antiguas líneas de telefonía básica, pero en las que las transmisiones sobre la línea del abonado se hacen de forma digital, conociéndose como líneas digitales de abonado (del inglés *Digital Subscriber Line*, DSL). En la actualidad las líneas de telefonía son transportadas dentro de la red del proveedor mediante cables de fibra óptica, por lo que desde un mismo equipo se pueden atender a una mayor cantidad de suscriptores.

Estas líneas digitales (DSL) pueden ser utilizadas para proporcionar distintos tipos de acceso. Los más conocidos son RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) y ADSL (*Asymmetric DSL*), pero también a VDSL (*Very-high-speed DSL*).

#### 3.1.2.1.- RDSI

La red digital de servicios integrados (RDSI) permite transportar simultáneamente voz, datos y otra información de forma digital sobre líneas telefónicas analógicas y redes de conmutación de circuitos de telefonía, aunque también permite el acceso a las redes de conmutación de paquetes. La información se puede enviar a una velocidad de hasta 144 Kbps, aunque lo normal es que se haga a 64 ó 128 kbps, ya que esta tecnología proporciona dos canales principales independientes y un tercero de señalización. Puede haber escenarios en los que el primer canal proporcione telefonía y el segundo un canal de acceso a internet a 64 kbps o soporte a un servicio de fax.

Se pueden combinar dos o más equipos de transmisión RDSI para formar líneas con mayor velocidad de transmisión. Puesto que la transmisión de voz se realiza de forma digital, ofrece mayor calidad en las comunicaciones de voz que la telefonía tradicional además de con una menor latencia. Combinando tres equipos RDSI se pueden enviar y recibir simultáneamente audio de alta calidad codificado a 320 kbit/s.

En el escenario de la telemedicina, los equipos RDSI pueden ser utilizados en zonas donde no haya alternativas de acceso a red de mayor calidad y fiabilidad como los que veremos a continuación, para servicios de voz o el envío de señales de emergencia o información médica de tipo store-and-forward a través de uno de los canales de comunicación.

#### 3.1.2.2.- ADSL

El acceso por ADSL está ideado para coexistir con los servicios de telefonía analógica. El nombre de asimétrico proviene de que no permite la misma velocidad de la información en sentido usuario-red que de red-usuario, siendo esta segunda mayor ya que se ideó para servicios de vídeo bajo demanda,



aunque posteriormente tuviera más éxito para la transmisión de datos sobre Internet [Halsall, pág. 139].

En la central local del proveedor de red existe un equipo específico (DSLAM, *DSL Access Multiplexer*) que permite realizar la multiplexación y demultiplexación de distintas señales de ADSL. Desde la central se utilizan cables de cobre (llamados par de cobre puesto que son dos cables de cobre trenzados por línea de abonado) para llevar la información hasta una terminación de red normalmente ubicada en el hogar de un abonado. Esa terminación de red incluye un splitter que separa las señales en dos: una que va a la telefonía fija de la casa y otra a un módem ADSL.

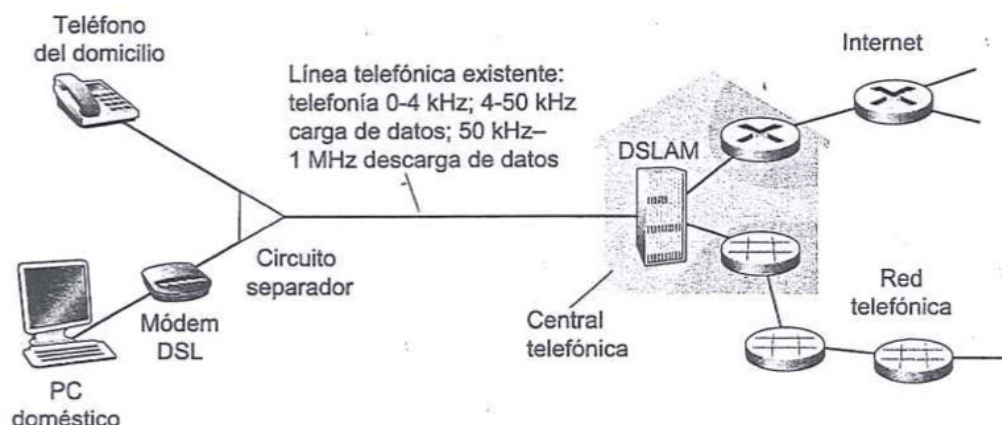


Tabla 3.2: Esquema de acceso a red ADSL. [RedComp, pág. 14]

La principal ventaja de los accesos a red por ADSL es que permiten velocidades mayores que los de acceso telefónico, y por eso reciben la denominación de banda ancha (conexiones con velocidad igual o superior a los 256 kbit/s). La velocidad mínima de ADSL suele ser de 1 Mbit/s de bajada y 128 Kbit/s de subida, y esta velocidad mínima está avalada por un Real Decreto en España para el acceso universal a Internet mediante banda ancha [Mundo2011].

Además, puesto que en la teleasistencia buscamos una disminución del coste de la implantación de servicios, poder reutilizar las conexiones ya existentes de las que dispongan los pacientes es muy importante. Las conexiones ADSL, al estar ampliamente extendidas en los hogares, la convierte en idónea para la prestación de servicios de salud.

### Velocidad de enlaces ADSL

Puesto que la información de las líneas ADSL se transmite sobre cables de cobre, las señales transmitidas se degradan más rápidamente con la distancia con la central que otros tipos de enlaces como los de fibra óptica. El módem del abonado y la central se encargarán de negociar una velocidad máxima de subida y de bajada dependiendo de los parámetros de línea de atenuación y ruido de la señal.

Teniendo en cuenta los valores de sincronización en función de las atenuaciones se recomiendan los siguientes valores para las distintas las versiones ADSL y ADSL2+:

<b>ADSL</b>	<b>Entorno Rural</b>	<b>Rural o Básico</b>	<b>Máximo Rural</b>		<b>con QoS</b>	<b>con QoS</b>	<b>con QoS</b>
Velocidad Máxima Bajada	512	1 M	2 M	4 M	1 M	2 M	4 M
Velocidad Máxima Subida	128	320	320	512	512	512	512
Margen de Ruido Bajada	> 8 dB	> 8 dB	>8 dB	>8dB	> 8dB	> 8 dB	> 8 dB
Margen de Ruido Subida	>8 dB	> 8 dB	>8 dB	> 8dB	> 8dB	> 8 dB	> 8 dB
Atenuación Bajada	< 49 dB	< 48 dB	< 34 dB	< 39dB	< 44dB	< 42 dB	< 36 dB
Atenuación Subida	<47 dB	< 45 dB	< 32 dB	< 24dB	< 24dB	< 24 dB	< 24 dB

*Tabla 3.1: Parámetros de conexiones ADSL.*

<b>ADSL2+</b>	<b>7296/640 Kbps (SCR=0,5PCR)</b>	<b>7296/640 Kbps (SCR=0,1PCR)</b>	<b>20 M/800 Kbps</b>	<b>10 M/640 Kbps</b>
Velocidad Bajada	7 M	7 M	20 M	10 M
Velocidad Subida	640	640	800	800
Margen de Ruido Bajada	> 8 dB	> 8 dB	> 8 dB	> 8 dB
Margen de Ruido Subida	> 8 dB	> 8 dB	> 8 dB	> 8 dB
Atenuación Bajada	< 36 dB	< 37 dB	< 37 dB	< 37 dB
Atenuación Subida	< 22 dB	< 23 dB	< 23 dB	< 23 dB

*Tabla 3.2: Parámetros de conexiones ADSL2+.*

### 3.1.2.3.- VDSL

Este tipo de acceso es una evolución de ADSL que permite tener sobre una misma línea de abonado una conexión de datos, de mayor velocidad que ADSL y sus variantes, y coexistir con una línea de

telefonía analógica o una RDSI de velocidad básica.

Puede alcanzar velocidades superiores a los 50 Mbit/s, aunque en sucesivas revisiones (VDSL2) se pueden alcanzar más de 200 Mbit/s [WVDSL2].

Tipo de servicio		Alcance (km)	Descendente (Mbit/s)	Ascendente (Mbit/s)
Asimétrico	Corto	0,3	52 34 ó 38,2	6,4 4,3
	Medio	1,0	26 19	3,2 2,3
	Largo	1,5	13 6,5	1,6 1,6 ó 0,8
Simétrico	Corto	0,3	34 26 16	34 26 19
	Medio	1	13	13
	Largo	1,5	6,5 4,3 2,3	6,5 4,3 2,3

Tabla 3.3: Velocidades y alcance de enlaces VDSL [BANANC].

VSDL2	DESDE CENTRAL			DESDE NODO	
Parámetro	VDSL2 30016/1024 Kbps	VDSL2 25024/1024 Kbps	VDSL2 21056/1024 Kbps	VDSL2 30016/1024 Kbps	VDSL2 25024/1024 Kbps
Velocidad Bajada	> 29998 Kbit/s	> 24998 Kbit/s	> 21000 Kbit/s	> 29998 Kbit/s	> 24998 Kbit/s
Velocidad Subida	> 1016 Kbit/s	> 1016 Kbit/s	> 1016 Kbit/s	> 1016 Kbit/s	> 1016 Kbit/s
Margen Ruido descendente	> 9 dB	> 9 dB	> 9 dB	> 9 dB	> 9 dB
Atenuación descendente	< 14 dB	< 17 dB	< 14,1 dB	< 11,2 dB	< 14 dB

Tabla 3.4: Parámetros de conexiones VDSL2.

### 3.1.2.4.- xDSL

Aunque los tipos de acceso más conocidos relacionados con las líneas de suscripción digitales sean ADSL (ADSL2 y ADSL2+) y VDSL, existen más tipos de servicios. Incluyen servicios asimétricos y

simétricos (como SDSL), pero suelen variar simplemente en la velocidad de subida/bajada y la distancia máxima que puede haber desde la central hasta el abonado debido a las diversas técnicas de modulación de las señales que usan. Se muestran sus diferencias en la siguiente tabla.

<b>Tecnología</b>	<b>Simetría</b>	<b>Velocidad Máxima Bajada</b>	<b>Velocidad Máxima Subida</b>	<b>Distancia máxima a central</b>
ADSL	Asimétrico	9 Mbps	640 Kbps	6 km.
SDSL	Simétrico	2,32 Mbps	2,32 Mbps	6 km.
HDSL	Simétrico	2,32 Mbps	2,32 Mbps	6 km.
SHDSL	Simétrico	2,32 Mbps	2,32 Mbps	7 km.
IDSL	Simétrico	144 Kbps	144 Kbps	12 km.
G.Lite	Asimétrico	1,5 Mbps	512 Kbps	6 km.
RADSL	Asimétrico	9 Mbps	640 Kbps	6 km.
VDSL	Asimétrico	52 Mbps	6 Mbps	1,5 km.
ADSL2+	Asimétrico	24 Mbps	3 Mbps	5,5 km.

*Tabla 3.5: Comparativa de tecnologías xDSL.*

### 3.1.3.- FTTH

Debido a las necesidades modernas para el consumo de información (servicios de streaming de películas, música, YouTube, etc.), cada vez los hogares necesitan disponer de un mayor ancho de banda para dar servicio a todos los miembros de una familia. Debido a las limitaciones de velocidad en las líneas de par de cobre (motivadas por los efectos de la atenuación en la transmisión de señales), los proveedores de red llevan años proporcionando más velocidad eliminando, en todo o en parte, los cables de par de cobre por cables de fibra óptica.

Puesto que el despliegue de estas redes implican un fuerte gasto en equipos y tendido de líneas de fibra óptica, actualmente su disponibilidad suele estar restringida a las grandes ciudades o zonas residenciales de nueva edificación en las que ya se prevé la instalación de FTTH por parte de las constructoras y las compañías telefónicas.

Dependiendo de hasta donde llegue el cable de fibra óptica tendremos diversas tecnologías FTTH (*Fiber To The Home*, fibra hasta el hogar):

- **FTTH (Fiber To The Home):** la fibra óptica llega hasta dentro del hogar del abonado.
- **FTTB (Fiber To The Basement):** el punto de distribución se ubica en el edificio del abonado.
- **FTTC (Fiber To The Curb):** la fibra óptica llega hasta un armario con equipos de red situado a una distancia de 300 metros del edificio del abonado.
- **FTTN (Fiber To The Node):** el equipo de red (armario) al que llega el cable de fibra está a más de 300 metros del edificio del abonado.

Las velocidades a las que se pueden alcanzar en las redes de fibra óptica superan los 10 Gbit/s, aunque los cables de fibra que salen de una central están compartidos por multitud de usuarios. Para uso doméstico las operadoras suelen ofertar conexiones de 100 Mbit/s de bajada y 10 Mbits/s de subida o elegir qué velocidad quieres hasta dicho máximo. La velocidad puede ser simétrica aunque las operadoras oferten velocidades asimétricas.

En el entorno de la teleasistencia, estas redes son ideales para proporcionar servicios con exigencias de alto caudal y fiabilidad, como videoconferencias, voz sobre IP (VoIP) y tiempo real.

## Arquitectura FTTH

Los accesos por FTTH se basan principalmente en **redes óptica pasivas** (PON, *Passive Optical Network*) en las que cada vivienda dispone de una terminación de red óptica (ONT, *Optical Network Terminator*) conectado a un distribuidor del vecindario mediante un cable de fibra óptica dedicado [RedComp, pág. 17]. El distribuidor se hace cargo de repartir la información que recibe hacia y desde las casas hacia una terminación de línea óptico (OLT, *Optical Line Terminator*) a través de un único cable de fibra.

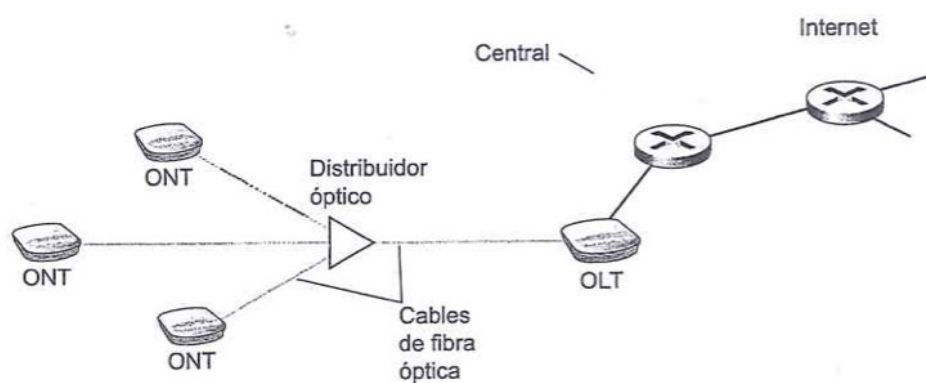


Tabla 3.3: Acceso a red mediante FTTH. [RedComp, pág. 17]

Estos enlaces de fibra utilizan las longitudes de onda de 1.330 nm para el tráfico de subida y 1.490 nm para el tráfico de bajada en las redes GPON (*Gigabit PON*), definidas en el documento ITU-T G.984 y

revisiones.

Entre las ventajas con que cuentan los enlaces por fibra óptica están su inmunidad a las interferencias electromagnéticas y una atenuación de la señal que transmite muy baja hasta distancias de 100 kilómetros [RedComp, pág. 22]. También son líneas difícil de “pinchar”, por lo que son más seguras que las tradicionales líneas basadas en cables de cobre.

### 3.1.4.- HFC

Los accesos mediante HFC (*Hybrid Fiber Coax*) se realizan mediante cables coaxiales. Este tipo de redes, comunes en norteamérica, surgieron para dar servicios de televisión por cable o televisión interactiva, y no están basadas en las redes de telefonía tradicional. La red troncal de las redes HFC están basadas en la fibra óptica, que llega hasta unos nodos de fibra cercanos a los domicilios de los abonados y a partir de ahí se usa cable coaxial para llegar hasta un cable módem en el domicilio del abonado.

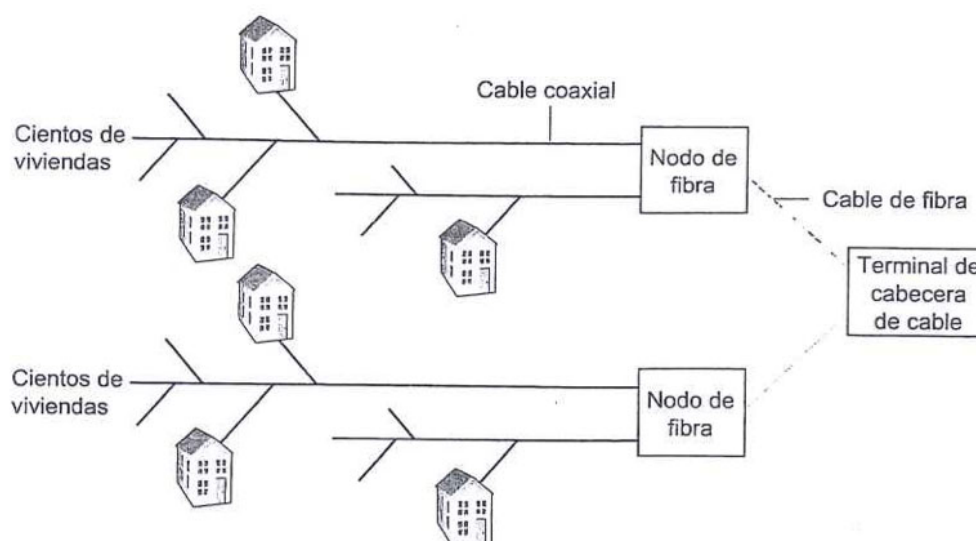


Figura 3.4: Red de acceso mediante HFC [RedComp, pág. 16]

Las velocidades para consumo doméstico que se pueden alcanzar superan los 50 Mbit/s, y suelen ser asimétricos con unos 10 Mbit/s máximos de subida. El propio cable coaxial, debido al apantallamiento que lleva, es más resistente a las interferencias electromagnéticas, pudiendo llevar por un mismo cable más de 444 Mbit/s de bajada y 122 Mbit/s de subida.

### 3.1.5.- WiFi

Aunque no es un método directo de acceso a red, las conexiones WiFi permiten dar conectividad a dispositivos de usuarios en áreas extensas, convirtiéndose en la mejor opción actual para proporcionar redes LAN inalámbricas. El estándar que recoge el funcionamiento de las redes WiFi es el 802.11, que

actualmente ya se está implantando conexiones 802.11ac con velocidades superiores a 1Gbit/s con varios enlaces simultáneos, o 450 Mbit/s con una sola antena. La comunicación se suele realizar a través de dos bandas: 2.4Ghz (mayor alcance pero con una menor velocidad) y 5GHz (menor alcance pero mayor velocidad). En entornos urbanos, con la banda de los 2.4Ghz siendo la más usada a nivel doméstico, suele ser recomendable usar la de los 5GHz para evitar interferencias que provoquen disminuciones en la velocidad máxima de las conexiones WiFi.

La arquitectura de una red WiFi incluye la ubicación de uno o más puntos de acceso inalámbrico, cada uno cubriendo una pequeña zona de unos 30 a 50 metros de radio.

Protocolo	Frecuencia/s	Tasa de transferencia	Tasa máxima de transferencia	Alcance en interiores
802.11	2.4 Ghz	1 Mbit/s	2 Mbit/s	20 metros
802.11a	2.4 Ghz	25 Mbit/s	54 Mbit/s	35 metros
802.11b	2.4 Ghz	6.5 Mbit/s	11 Mbit/s	35 metros
802.11g	2.4 Ghz	25 Mbit/s	54 Mbit/s	38 metros
802.11n	2.4 Ghz ó 5GHz	150 Mbit/s	450 Mbit/s	50 metros
802.11ac	2.4Ghz ó 5GHz	450 Mbit/s	1350 Mbit/s	50 metros

Tabla 3.6: Velocidades de acceso WiFi

Puesto que los servicios de teleasistencia tienen también como objetivo proporcionar suficiente autonomía al paciente, los sensores de señales biométricas pueden aprovecharse de estas conexiones para transmitir y recibir información de los sistemas de atención domiciliaria o desde internet. Los routers ADSL modernos instalados en los hogares permiten en su inmensa mayoría establecer redes WiFi caseras, aunque a la hora de planificar un servicio de teleasistencia que haga uso de esta tecnología habrá que tener en cuenta crear una cobertura completa del hogar.

### 3.1.6.- Accesos inalámbricos de área extensa

Este tipo de conexiones incluyen las conexiones de dispositivos móviles a través de las redes de telefonía inalámbrica como GPRS, 3G o LTE (*Long Term Evolution*, que mejora las actuales conexiones 3G con alta cobertura en España, y es también conocido como 4G o tecnologías de acceso de cuarta generación). Esto proporciona a los usuarios de servicios de telemedicina y teleasistencia el acceso a los servicios estando fuera del hogar, ya sea como médico que reciba alertas del estado de los pacientes que está supervisando, ambulancias que tengan que transmitir datos de un paciente que esté siendo trasladado de urgencia a un hospital o un paciente que deba estar monitorizado las 24 horas del

días pero que pueda hacer una vida normal.

<b>Tecnología</b>	<b>Bjada</b>	<b>Subida</b>
LTE	300 Mbit/s	75 Mbit/s
HSPA+	168 Mbit/s	22 Mbit/s
HSUPA	40 Mbit/s	7.2 Mbit/s
HSDPA	14 Mbit/s	2 Mbit/s
UMTS	2 Mbit/s	384 kbit/s
EDGE	1 Mbit/s	236 kbit/s
GPRS	171.2 kbit/s	9.6 kbit/s

*Tabla 3.7: Velocidades de accesos inalámbricos*

También se pueden utilizar, en entornos rurales o remotos, otros tipos de conexiones inalámbricas como enlaces satelitales. El principal problema de los satélites es que, aquellos que proporcionan una cobertura global, al estar situados a 36.000 kilómetros de distancia, introducen un retardo en la señal de 280 ms [Halsall, pág. 30], lo que hará que no sirvan para muchos de los servicios en tiempo real. Existen otras redes de satélites en órbita baja que proporcionan cobertura sobre áreas extensas con menores problemas de retardos. Además, el ancho de banda que permiten las conexiones a Internet por satélite suelen ser de 1 Mbit/s de bajada y 256 Kbit/s de subida [WSat].



## 3.2. Seguridad en redes de computadoras

La información médica, debido al carácter personal y privado que tienen para el paciente, debe estar siempre protegida, segura y solamente accesible por aquellas personas autorizadas por el paciente para que accedan a ella. En la mayoría de los casos se tratará del personal médico y sanitario que traten sus enfermedades, y en los demás casos, como por ejemplo para estudios clínicos, deberá estar perfectamente desligada del nombre o identificativos legales del paciente (como el DNI).

Por lo tanto, los medios de transmisión que se utilicen para transportar la información de los usuarios de los servicios de teleasistencia deben ser seguros. Para conseguir estas redes seguras se debe de cumplir lo siguiente [RedComp, pág. 654]:

- **Confidencialidad:** solo origen y destino de la comunicación deben ser capaces de entender el contenido de la información transmitida. En algunos casos, según el tipo de servicio, no será necesario proporcionar confidencialidad en el envío y recepción de información ya que se puede tratar de información no sensible. Un ejemplo sería el envío de un electrocardiograma desde una ambulancia a un servicio de urgencias en el que predomina la velocidad de envío de la información y minimizar retardos inducidos por la encriptación de la información (el servicio de urgencias sabe quién es el paciente con solo saber qué ambulancia es la que envía la información).
- **Autenticación del punto terminal:** el origen y destino de la información deben poder verificar que el otro es quien dice ser.
- **Integridad del mensaje:** los mensajes enviados y recibidos por los implicados en una comunicación también deben de estar seguros de que el contenido de la comunicación es correcta y que es lo que uno y otro quieren decir y reciben.
- **Seguridad operacional:** los proveedores de servicios de salud deben asegurarse de que sus redes no van a verse comprometidas por atacantes y acceder a información privada de los pacientes, estableciendo y usando protocolos y equipos que lo permitan.

### 3.2.1.- Elementos de una infraestructura segura para telemedicina

Para poder establecer una infraestructura telemática orientada a servicios de salud no hay que pensar únicamente en las conexiones entre el paciente y las instituciones de salud, sino en el conjunto de las infraestructuras del sistema de información, comunicación y seguridad establecidas para la transmisión relacionadas con el paciente, de tal forma que permita garantizar la protección de sus datos dentro de la legislación nacional e internacional.

Existen documentos que sientan las bases para esa seguridad de la información [PROEHTEL, pág. 35] basándose en estándares abiertos y uso de *open source* para permitir la interoperabilidad de los sistemas y medios de comunicación, procesamiento y archivo de los registros de salud personales, y sostenibilidad de los proyectos. Algunos de los elementos necesarios serían [PROEHTEL, págs. 35-39]:

- Seguridad e infraestructuras de clave pública (PKI) para, utilizando certificados de identidad, que los implicados en una comunicación puedan identificarse y estar seguros de quién es con el que están comunicándose. De esta forma se garantiza el cifrado y descifrado de mensajes o el no repudio de un envío [wpki].
- Identificación electrónica de pacientes y profesionales de la salud que permitan asegurar la procedencia de solicitudes de acceso a información privada en infraestructuras de clave pública.
- Registro de profesionales de la telesalud, para permitir el movimiento de la información médica de los pacientes de forma segura entre profesionales de la salud. Esto podría conseguirse creando un órgano de control y registro de profesionales de la telesalud.
- Interoperabilidad internacional para que se puedan superar las fronteras y barreras lingüísticas a la hora de compartir o analizar un historial clínico.
- Transmisiones de datos, privacidad y seguridad con deberes contractuales a nivel legal.
- Promoción de estándares de la salud electrónica
- Crear un ambiente regulatorio en Europa
- Apoyo a organizaciones nacionales y europeas

### 3.3.- Calidad de servicio (QoS)

En las redes actuales circula todo tipo de tráfico, desde correos electrónicos hasta videoconferencias, pasando por archivos de gran tamaño o streaming de películas. Cada tipo de tráfico tiene unas necesidades determinadas que las redes de comunicación deben cumplir para garantizar la calidad de experiencia (del inglés *Quality of Experience*, QoE) del usuario con ese servicio.

Aunque se trata de algo subjetivo, muchas veces es algo evidente: ver una película en streaming con cortes cada pocos segundos hace que no se pueda disfrutar de ella, y recibir fotografías de tu boda en la que debido a una mala transmisión salen borrosas o con defectos no es lo que más deseamos.

Para asegurar la QoE de un servicio habrá que establecer una serie de características técnicas para demostrar, de manera objetiva, que se presta con normalidad y de esta forma asegurar la satisfacción de los usuarios que tengan que utilizarla. Esas características técnicas es lo que establecen la Calidad de servicio (del inglés *Quality of Service*, QoS) de un red de ordenadores o de comunicación.

Una definición más formal de QoS sería la recogida en la recomendación E.800 de la ITU-T relacionada con este ámbito: “*La totalidad de las características de un servicio de telecomunicaciones que determinan su capacidad para satisfacer las necesidades explícitas e implícitas del usuario del servicio*”. Además, también define en el mismo documento una serie de características para la calidad de servicio:

- **Velocidad:** criterio de calidad de funcionamiento que describe el intervalo de tiempo que se utiliza para realizar la función o la velocidad a la que se realiza la función. (La función puede o no realizarse con la precisión deseada.) ([UIT-T I.350]).
- **Precisión:** la precisión es el criterio de calidad de funcionamiento que describe el grado de corrección con que se realiza la función. (La función puede o no realizarse con la velocidad deseada.) ([UIT-T I.350]).
- **Certidumbre:** la certidumbre es el criterio de calidad de funcionamiento que describe el grado de certeza (o seguridad) con que se realiza la función, independientemente de la velocidad o precisión, pero dentro de un determinado intervalo de observación ([UIT-T I.350]).
- **Disponibilidad:** disponibilidad de un elemento para hallarse en estado de realizar una función requerida en un instante determinado o en cualquier instante de un intervalo de tiempo dado, suponiendo que se facilitan, si es necesario, los recursos externos ([UIT-T E.802]).
- **Fiabilidad:** probabilidad de que una entidad realice la función requerida en las condiciones impuestas en un intervalo de tiempo dado.
- **Simplicidad:** facilidad y ausencia de complejidad para beneficio del usuario de una función del

servicio ([UIT-T E.802]).

Estas características reflejan perfectamente que el usuario del servicio de telemedicina se va a ver directamente afectado si no se presta con normalidad. Como hemos visto en el capítulo 2, es algo que a toda costa debemos evitar.

Siguiendo con los ejemplos anteriores, en un servicio de streaming de películas tendremos que asegurar diversos parámetros técnicos como un ancho de banda mínimo determinado para garantizar la calidad de la imagen y una baja latencia de red para evitar difonias tanto sonoras como en las imágenes transmitidas. En servicios más críticos como una operación de telecirugía, habrá que ser más estrictos en los requisitos que se impongan, como un mayor ancho de banda para soportar imágenes de alta calidad con una mayor cantidad de fotogramas por segundo, un mejor tiempo de respuesta de los robots remotos que están realizando la operación, etc.

Además, la calidad de servicio se puede asegurar en una red de dos formas: de extremo a extremo entre usuarios (más difícil de garantizar en algunos casos como por ejemplo que un tráfico tenga que atravesar varias redes de distintos proveedores) y entre nodos de red frontera en un mismo bucle.

En este apartado vamos a estudiar las necesidades de QoS de los servicios de telemedicina, clasificándolos y aportando valores concretos para ellos. De esta forma, al final del capítulo podremos saber si las redes de telecomunicación españolas están preparadas para los distintos tipos de telemedicina, con especial atención a los servicios de teleasistencia en el hogar.

### 3.3.1.- Parámetros de estudio para garantizar la calidad de servicio

Actualmente todas las redes de comunicación soportan el protocolo TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) como estándar de comunicación de facto de Internet. Cuando usamos nuestro ordenador para enviar o recibir información remotamente, este protocolo (TCP) se encarga de asegurar que, ante pérdidas de información, se vuelvan a solicitar para poder reconstruir correctamente los datos. Esto suele ser lo común en los servicios de telemedicina de *store-and-forward* o diferido, pero en el caso de tráfico multimedia se utiliza en su lugar UDP (*User Datagram Protocol*).

Este protocolo realiza el envío de paquetes de información sin esperar confirmación de su recepción, que no sería realmente útil: en caso de pérdida de información no hay manera de recuperar los datos, ya que por el carácter de tiempo real de una videoconferencia no está almacenada la información en ninguna parte. Esto hace también ganar tiempo ya que UDP no confirma la entrega de los paquetes de información a diferencia de TCP. Por lo tanto, en los sistemas en tiempo real, muy utilizados en la telemedicina, hay que observar cuatro parámetros básicos (extraídos de las características de QoS

expuestos anteriormente) para poder asegurar la calidad de servicio[IEEE330]:

- **Ancho de banda:** una comunicación en tiempo real no se puede realizar correctamente si no hay suficiente ancho de banda disponible para realizar el envío. Igualmente si queremos establecer dos comunicaciones a través del mismo enlace de diferente índole con una ocupación de ancho de banda, hay que tener en cuenta el total necesario para que ambas tengan calidad suficiente,
- **Pérdida de paquetes:** se produce cuando el destinatario de la comunicación no recibe uno o más paquetes de información. Puede deberse a multitud de razones, entre las que estarían: congestión en la red (haya más paquetes de información entrando a un equipo de red de la que puede sacar, realizando descartes), descartes a la entrada porque el equipo receptor no pueda ni siquiera procesarlos, descartes en la cola para aliviar la congestión del tráfico, o que la información que contienen se haya corrompido en tránsito y hayan sido descartados.
- **Retardo:** el envío de paquetes de información sufre una serie de retardos desde que se envían hasta que se reciben. Estos son introducidos durante su serialización (tiempo de puesta en el medio de transmisión, se puede reducir aumentando la velocidad de la línea), procesamiento (para comprobar en los nodos intermedios si la información de las cabeceras es válida), tiempo pasado en colas de envío (en caso de congestión de la red), y propagación por la distancia entre origen y destino.
- **Jitter (retardo variable):** los sistemas de transmisión ponen los paquetes de información en las líneas a intervalos regulares en función de una señal de reloj, y la desviación temporal con respecto a esta señal de reloj es lo que se conoce como jitter. En los chats de audio y videoconferencias, no recibir los paquetes de información con una periodicidad regular puede provocar que se reciban conversaciones inaudibles al no poder recomponer el sistema receptor de la comunicación la información a su debido tiempo.

Estos problemas se pueden solucionar, y asegurar así la calidad del servicio, sobre todo de dos formas [IEEE330]:

- Establecer políticas de QoS en las redes que tienen que atravesar los paquetes para enviarlos por el mejor camino en función de las necesidades del tipo de tráfico para reducir el retardo, jitter o pérdidas de paquetes.
- Mediante soluciones software que permitan gestionar mejor la información enviada. Sería posible, por ejemplo, indicando al resto de ordenadores de una red local que dejen de transmitir información durante el envío de información de telemedicina crítica, o estableciendo una política de búferes de información para el streaming de vídeos o realizar videoconferencias. Estas

soluciones pueden introducir problemas adicionales a valorar, como jitter adicional por el búfer.

En las videoconferencias incluso un porcentaje de pérdidas de paquetes puede ser aceptable: el ojo humano puede observar escenas y considerarlas como fluidas incluso a 15 fotogramas por minuto, así que esto permite jugar más con ese parámetro en esos tipos de servicio.

En el caso del audio, perder paquetes de información puede causar ruido o no entenderse la conversación, por lo que no son tolerantes a pérdidas. Por otro lado, los servicios interactivos tendrán ciertos requisitos en cuanto a retardos y pérdidas, pero el jitter no les afectará.

Durante el diseño de un servicio de telemedicina se tendrán que tener en cuenta los tipos de tráfico que van a ser utilizados para saber si podemos asegurar el QoS de la comunicación.

### 3.3.2.- Arquitecturas definidas para garantizar Calidad de Servicio

Tras ver los diferentes parámetros que definen la calidad de servicio vamos a explicar los diferentes modelos de arquitecturas más empleados, que permiten garantizar las calidades de servicio requeridas por el servicio determinado.

Para poder asegurar el correcto funcionamiento de servicios tanto en tiempo real como en diferido existen diversos mecanismos desarrollados a nivel internacional y que son compatibles con todas las redes IP. Estos mecanismos intentan clasificar el tráfico que transportan para gestionar más eficientemente las redes y poder asegurar la calidad de servicio (QoS) que precisen.

Vamos a definir a continuación el término flujo de información necesario para poder explicar los diferentes modelos de clasificación del tráfico:

*“ Se denomina flujo de información al tráfico continuo de datagramas relacionados entre sí para una determinada aplicación, determinados por una quintupla, esto es, dirección IP origen, puerto origen, dirección IP destino, puerto destino y protocolo de transporte asociado.”*

Existen dos formas de clasificar el tráfico, con el fin de garantizar la QoS de un servicio según la forma de tratar los flujos de información:

- **De grano fino:** se clasifica el tráfico en flujos o aplicaciones de manera individualizada, de tal forma que, para cada uno de los tipos de flujos se genera una cola previa a la transmisión de los datos.
- **De grano grueso:** se clasifica el tráfico después de agregar distintos flujos o aplicaciones en uno, o a grandes cantidades de datos heterogéneos. Es decir, se agrupan los diferentes flujos de información para posteriormente enviarlo por la cola indicada en función de la prioridad de

dicho tráfico.

Además, existen también una serie de requisitos previos para poder garantizar la calidad de servicio en telemedicina, descritos en la siguiente tabla. Los dos últimos casos se deberán tener en cuenta en la transmisión de tráfico de tasa de bits variable (del inglés *Variable Bit Rate*, VBR).

Característica	Descripción
Control de acceso	Una nueva conexión con necesidad de recibir una calidad de servicio determinada no debe ser aceptada a menos que se dispongan de suficientes recursos en la red como para garantizar su QoS. En caso de no poderse establecer la conexión, habrá que avisar a las partes implicada del motivo para que tomen las medidas de control (y SLA) aplicables.
Diferenciación de tráfico	Como ya hemos comentado, las redes cursarán distintos tipos de tráfico y éste debe ser marcado para que los equipos de red lo puedan identificar y poder tomar las decisiones adecuadas sobre el camino que debe seguir entre origen y destino para garantizar retardos, errores y jitter de acuerdo con sus necesidades.
Paradigma de circuito virtual	Para poder asegurar que un servicio en tiempo real se va a llevar a cabo satisfactoriamente, se debe poder establecer un camino virtual entre origen y destino con el que poder asegurar que los paquetes de información se van a entregar en el orden correcto, o de otro modo crearía saltos de imagen o conversaciones ininteligibles.
Gestión del tráfico en tiempo real (VBR)	Algunos codecs de videoconferencia se realizan con una tasa de bits variable para mejorar la calidad de la imagen, aumentando o disminuyendo la compresión (y el ancho de banda ocupado) según las necesidades de audio y vídeo. Por eso hay que asegurar en todo momento que se gestiona correctamente para evitar la pérdida de paquetes en el camino. Se puede realizar estableciendo unos parámetros adicionales de ancho de banda: máximo, medio y mínimo.
Control de congestión (VBR)	La red también debe ser capaz de proporcionar las herramientas para evitar la pérdida de información debido a una congestión en la red, como por ejemplo avisar a las conexiones que pasan por un nodo de

	que está empezando a experimentar congestión, o realizar un conformado de tráfico en redes ATM, sin olvidarnos de la correcta planificación de la red.
--	--

Tabla 3.8: Características para proporcionar calidad de servicio.

### 3.3.2.1.- Servicios Integrados (IntServ)

La primera arquitectura de red para garantizar QoS a nivel internacional fue definida por el Internet Engineering Task Group (IETF) en 1994 para la prestación de servicios integrados (del inglés Integrated Services, IntServ). Mediante Se trata de un acercamiento de grano fino de proporcionar QoS, en el que antes de establecer una comunicación entre extremos se realiza una reserva de recursos en los nodos de la red qr, utilizando un protocolo específico para ello: Reservation Protocol (RSVP). Se pueden agregar en uno solo los flujos que requieran una misma calidad de servicio. En los equipos de red se dispondrán, teóricamente, de tres tipos de colas bien definidas para tratar los flujos de tráfico:

- **Servicio garantizado:** garantiza un ancho de banda mínimo y unos retardos máximos estrictos, útiles para servicios de streaming de vídeo.
- **Servicio de carga controlada:** trata de emular una red ligeramente cargada, pero no proporciona garantías de retardo o ancho de banda, lo que puede llevar a situaciones en las que, en caso de congestión de un nodo, se produzcan grandes retardos y pérdidas de paquetes.
- **Best-Effort:** el tráfico se enviará por defecto por esta cola.

La cola por defecto no es capaz de garantizar ningún tipo de QoS ya que puede perder paquetes por el camino, llegar en orden incorrecto, o con retardos altamente variables, ya que cada conexión que se establece recibirá más o menos recursos para la transmisión en función del tráfico que haya en la red. En IPv4, los flujos se identifican por sus direcciones IP de origen y destino, y se reservan recursos en función de ello.

Los principales problemas de IntServ:

- Todos los elementos de red, incluidos servidores y pcs tienen que tener el servicio RSVP activado para poder marcar el tráfico en las comunicaciones extremo a extremo.
- La reserva de tráfico de cada cola RSVP se hace de forma dinámica de tal forma que puede que alguna cola no esté disponible porque se esté gestionando la calidad de la cola de dicho tráfico, provocando timeouts en las comunicaciones.
- El mantenimiento de los elementos de red es más costoso, al tener que garantizar, al declararse de forma dinámica las colas, una memoria que permita dicha variabilidad para evitar el punto



anterior.

- Existe una falta de escalabilidad frente al aumento de tráfico, o mejor dicho, un alto coste de escalabilidad frente a aumentos de tráfico. Esto se debe a que se tiene que almacenar la información de las rutas en cada nodo intermedio de la red, lo que aumenta los costes de fabricación de los equipos de alta capacidad al tener que realizar millones de reservas en los routers troncales.

### 3.3.2.2.- Servicios Diferenciados (DiffServ)

Debido a los problemas de escalabilidad de IntServ, en 1998 el IETF publicó el RFC 2474 con la arquitectura de Servicios Diferenciados (del inglés *Differentiated Services*, DiffServ) para dar una solución al creciente tráfico que atravesaba Internet y la necesidad de garantizar una calidad de servicio a las aplicaciones que lo necesitaran, como las de tiempo real [QOSDIFF].

[RFC2474] Es una arquitectura adaptada al tráfico IPv4 e IPv6, en la que se reemplaza el campo de tipo de servicio (TOS) por uno denominado DS de 8 bits, y dividido en un campo *DiffServ Code Point* (DSCP) de 6 bits en el que se almacena el tipo de tráfico del flujo de datos, y otros dos que no tienen ningún uso específico aunque se utilizan para marcar el tráfico en la extensión del protocolo IP denominado Notificación Explícita de Congestión (del inglés *Explicit Congestion Notification*, ECN).

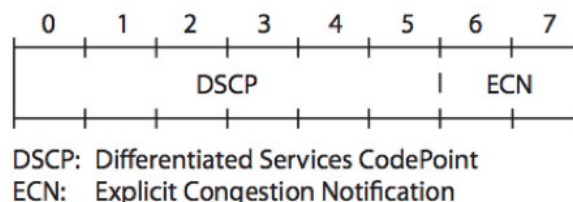


Figura 3.5: Cabecera de DiffServ para QoS [QOSDIFF, pág. 3]

Al ser una red que no almacena el estado de las conexiones, que no tiene que realizar señalización para reservar recursos o almacenar su estado, su escalabilidad está garantizada.

La clasificación y la mayor parte de políticas de QoS se aplican en el bucle entre el nodo de red en el extremo del cliente y el nodo de red de acceso del proveedor, de tal forma que aplicando calidades, es más rápido su encaminamiento y es más fácil respetar las QoS establecidas, ya que el proveedor de servicio se encargará de tener suficiente ancho de banda para garantizar esta y todas las comunicaciones con la misma QoS, establecidas por su DSCP.

Los tipos de clases que proporciona DiffServ para la clasificación del tráfico en función de los PHB (*Per Hop Behavior*) estandarizados :

- **Default Forwarding (DF):** es el tratamiento por defecto, y se le proporciona un único valor en los escenarios básicos de *Best-Effort*. Este tipo de tráfico se le considera “elástico” en el sentido de que el emisor de los paquetes poder variar su velocidad de transmisión, pérdidas y retardo para ajustar a las características disponibles [RFC 4594, pág. 8]. No proporciona calidad de servicio.
- **Assured Forwarding (AF):** se basa en la capacidad de marcar tráfico para descarte de las conexiones Frame Relay y ATM para ofrecer calidad de servicio [RFC 4594, pág. 8]. El tráfico es “elástico”, pero a diferencia que en la clase DF, es el receptor el que debe poder detectar pérdidas y variaciones en el retardo, indicándoselo al emisor para que actúe en consecuencia. Está definido en el [RFC 2597]. El segundo número de la clase (por ejemplo AF 41) sirve para el acondicionamiento de tráfico. el valor 1 significa que no supera un caudal fijado en A, el valor 2 que supera el A pero no supera un caudal B, y el 3 que supera un caudal B [RFC 4594, pág. 35].  
Aunque se puede utilizar por defecto la clase con valor AFx1, es recomendable en origen marcarlo según si excede el tráfico o no, e indicarlo con AFx1, AFx2 y AFx3 según lo expuesto anteriormente [RFC 4594, pág. 35].
- **Expedited Forwarding (EF):** esta clase está pensada para los servicios que requieren bajo jitter, retardo y descartes [RFC 4594, pág. 9], pero no asegura la entrega ordenada de los paquetes, a diferencia de las clases AF. Las ventajas en cuanto a retardo y jitter en la gestión de este tipo de colas es por lo que se suele utilizar para servicios de voz.
- **Class Selector (CS):** esta clase da soporte a la forma de describir históricamente los *codepoint* y los requisitos del comportamiento salto a salto (PHB) [RFC 4594, pág. 9]. Se puede leer más sobre ello en el RFC 2474, pág. 8, e incluye un *Per Hop Behavior* (PHB) por defecto para los paquetes que circulan en la red principal del proveedor de red. Se recomienda que estas clases no introduzcan un reordenamiento de los paquetes. No se incluye compatibilidad con el campo Tipo de servicio de IPv4. En esta categoría recaen los DSCP con valor xxx 000, y cuanto mayor valor tengan los tres primeros bits, mayor probabilidad tendrán de ser enviados desde la cola de espera. Aquellos que tengan un valor 11x000 tendrán un trato preferente con respecto a los demás. Para convertir los valores de precedencia (o prioridad) usados en IP, se usará el valor en binario de la precedencia seguido de 000. Ej: una precedencia de 3 se convierte en el DSCP 011 000.

Las políticas EF suelen estar bien estandarizadas en los nodos de la red, mientras que las de AF no lo suelen estar tanto y dependerá en gran medida de cómo las configure el proveedor de red.

Es compatible con el protocolo de seguridad IPSec, ya que el campo DS de la cabecera no se tiene en

cuenta a la hora de comprobar la integridad de los paquetes, y por lo tanto se puede modificar dicho campo para encaminarse desde su punto de entrada a la red hasta el punto de salida. De esta forma se pueden realizar videoconferencias encriptadas asegurando la calidad del servicio sin ningún problema mediante el uso de DiffServ.

Pero no todo son ventajas, ya que debido a que no almacena información sobre los flujos, resulta más difícil dar soporte QoS de extremo a extremo, siendo más difícil garantizar unos límites de retardo en su envío. Existen diversas implementaciones de DiffServ para intentar solucionar este apartado, siendo el más completo el de *Resource Management DiffServ* (RMD), que en base a unos algoritmos se realizan descartes selectivos de flujos de tráfico, causando su fallo desde el interior de la red [QOSDIFF].

### 3.3.3.- Clasificación de los tipos de tráfico en telemedicina y QoS

A continuación exponemos algunas de sus particularidades a tener en cuenta para el estudio de QoS tal como hemos definido en el anterior capítulo:

Tipo	Sensible a...
Tiempo diferido (store-and-forward)	pérdidas
Tiempo real: videoconferencia	pérdidas y retardos
Tiempo real: aplicación interactiva	pérdidas

Tabla 3.9: Tipos de tráfico y problemas asociados

Este tipo de clasificación suele ser imperfecta ya que existen distintos servicios de telemedicina que podrían ser de aplicaciones interactivas, pero que debido a la urgencia de las mismas necesitan ser tratadas como videoconferencia (como por ejemplo en servicios de telediagnóstico en una situación de urgencia médica).

Por eso otras más avanzadas como la siguiente [SKARP], añadiendo el requisito de pérdidas del RFC 4594, tienen en cuenta la sensibilidad al contexto (que exista una emergencia médica). Teniendo en cuenta los valores de la tabla de servicios de telemedicina del capítulo 2 podemos definir los requisitos de QoS en telemedicina:

Aplicación	Ancho de banda	Retardo bajo	Jitter bajo	Pérdidas bajas	S. contexto
Telediagnóstico	Alto	Sí	No	Sí	Sí
Teleconsulta	Alto	Sí	Sí	Sí	Sí
Teleasistencia y Telemonitorización	Bajo	No	No	Sí	Sí

Teleeducación	Alto	No	No	No	No
Teleadministración y Telefarmacia	Bajo/Alto	No	No	No	Sí
Telecirugía	Alto	Sí	Sí	Sí	No

Tabla 3.9: Tipos de servicios de telemedicina y requisitos de calidad de servicio genericos.

A continuación se muestran las necesidades de los parámetros de retardo y pérdidas según el tipo de servicio de telemedicina [SKARP].

			Requisitos de QoS Generales	
Tipo de servicio de telemedicina	ejemplo de aplicación	tipo de medio utilizado	Retardo	Perdida
Teleconsulta con audio en tiempo real	Conferencia entre paciente y doctor o entre doctores	Audio	<150ms extremo a extremo(E2E) unidireccional	<1% perdida de paquetes (PLR) <3% limite
Teleconsulta con video en tiempo real	Videoconferencia entre paciente y doctor o entre doctores	Video	<250 E2E unidireccional (hasta 400 ms)	1% PLR
Servicios robóticos en tiempo real	Telecirugía Tele-ultrasonografía	Datos para controlar el robot, audio y video	<300ms ida y vuelta (round.trip time)	0 (tolera hasta un 0,5%)
Telemonitorización en tiempo real	Transmisión de los datos vitales del paciente y video en situaciones de emergencia	Datos biomedicos mediante sensores	<300ms E2E para electrocardiogramas de alta definicion <1s para ECG normales	0
Telemonitorización sin tiempo real	transmision de informacion vital del paciente post operatoria en casa	Datos biomedicos mediante sensores, informacion de contexto (sensores ambientales por ejemplo)	No aplica	0
Telediagnosis en tiempo real	Transferencia de imágenes medicas desde un lugar remoto debido a una emergencia	Imágenes, texto, datos	Ninguna ( depende del tamaño de la imagen)	0
Telediagnosis sin tiempo real	Transferencia de imágenes médicas desde un centro de salud para que especialistas analicen dicha información y devuelvan un diagnostico	Imágenes, texto, datos	No aplica	0
Acceso de información de historia clínica en tiempo real	Acceso a la historia médica por personal en sitios en las que ha habido una catástrofe	Imágenes, gráficos, texto, datos	No aplica	0
Acceso o almacenamiento de información relativa a la historia clínica	Acceso a la historia médica por parte del paciente, doctor, o personal sanitario a través de un entorno web	Imágenes, gráficos, texto, datos	No aplica	0
Mensajería en tiempo real	Envío de alarmas para avisar de una emergencia médica	Texto, pequeñas imágenes, datos	No aplica	0

Mensajería	alarmas automatizadas del paciente (recordatorios)	Texto, pequeñas imágenes, datos	aprox. 10s	0
teleformación o investigación conversacional	herramientas colaborativas para la investigación o formación con audio o video	Audio y Video	<150 ms E2E para audio <250ms E2R para video	<3%PLR para audio <1% para video
teleformación o investigación interactiva	Simulaciones interactivas de cirugía controlando de forma remota el instrumental	Datos Imágenes	<300ms ida y vuelta (round.trip time)	1% PLR
teleformación o investigación con audio/video	herramientas educativas con audio/video en streaming	Audio, video, datos	<10s de comienzo de retardo para audio y video	1% PLR en audio 2% en video
intercambio interactivo de datos con información médica	Portales web de Salud:	Todo	aprox. 2 / navegación web	0
intercambio pasivo de datos con información médica	Distribución de libros de texto o de imágenes de diagnósticos	Todo	No aplica	0
Transacciones financieras o administrativas	informes del paciente: programación de citas, las solicitudes de cobro y la facturación	Texto	No aplica	0

*Tabla 3.11: Tipos de servicios de telemedicina y requisitos de retardo y jitter.*

### 3.4.- Parámetros de estudio de un enlace

Para poder establecer una correcta monitorización de las redes de acceso a Internet (como veremos en siguientes capítulos), primero tenemos que saber qué parámetros indican el estado de salud de una línea de comunicación.

Estos parámetros los dividiremos en dos categorías: genéricos y específicos. Con ellos estaremos en disposición de establecer en el capítulo 5 un modelo de previsión de caídas que tenga en cuenta, además de otra gran cantidad de factores, el estado del acceso a red.

Las aplicaciones tendrán también unos requisitos de parámetros que se podrían medir independientemente de los parámetros de los enlaces [Halsall, pág. 17]. El procesamiento de los paquetes de información reciben retardos adicionales por parte del sistema operativo y la aplicación que los envíe y reciba.

#### 3.4.1.- Parámetros genéricos

- **Ancho de banda:** variaciones en el ancho de banda de una línea pueden venir debidas, no ya a problemas de atenuación o ruido de las señales, sino también a incidencias en el lado del proveedor de red u otras adversidades. Además, es uno de los parámetros de calidad de servicio que hay que garantizar en diversos servicios de telemedicina.
- **Retardo:** como hemos visto en el apartado anterior, el retardo es un parámetro importante para los servicios de telemedicina en tiempo real, y se trata del tiempo que pasa desde que un paquete se envía hasta es recibido por el otro lado de la comunicación.
- **Jitter:** se trata de otro parámetro de calidad de servicio. Los sistemas de transmisión ponen los paquetes de información en las líneas a intervalos regulares en función de una señal de reloj, y la desviación temporal con respecto a esta señal de reloj es lo que se conoce como jitter.
- **Disponibilidad del enlace:** es también importante saber cuántas caídas de la conexión han existido en un periodo de tiempo.

#### 3.4.2.- Parámetros específicos

Los parámetros específicos hacen referencia a las características especiales de cada medio de transmisión, ya sea por el medio físico que usan (coaxial, fibra óptica, etc.) como por su tipo de red (conmutación de circuitos, conmutación de paquetes).

##### 3.4.2.1.- Redes de conmutación de circuitos

Las redes de acceso de conmutación de circuitos incluyen los accesos telefónicos y las conexiones

RDSI. Los parámetros que se deberían de observar para su correcto funcionamiento son:

- **Tasa de bits:** número de bits enviados en un periodo de tiempo determinado.
- **Tasa de error de bit:** del inglés Bit Error Rate (BER), es la probabilidad de que un bit binario se corrompa durante su transmisión a través del canal en un periodo de tiempo determinado [Halsall, pág. 14]. Un BER de  $10^{-3}$  significaría que por cada 1.000 bits enviados, uno sería corrompido durante el envío.

### 3.4.2.2.- Redes de conmutación de paquetes

Estos tipos de accesos son más variados y por lo tanto habrá que separarlos por tipo de medio físico que utilizan. Tienen algunos parámetros en común:

- **Tamaño máximo del paquete**
- **Tasa media de transferencia de paquetes:** número de paquetes enviados a través de la red por segundo, que unido al tamaño máximo del paquete proporciona la tasa de bits que se ponen en línea por segundo [Halsall, pág. 17].
- **Tasa de error de paquetes:** conocido como PER (*packet error rate*), es la probabilidad de que un paquete recibido contenga uno o más bits corrompidos [Halsall, pág. 17].

A continuación se muestra una tabla por tipo de acceso de conmutación de paquetes.

Acceso	Parámetros de estudio
xDSL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Velocidad de sincronismo ascendente y descendente:</b> es importante conocer las velocidades a las que sincroniza las línea xDSL, tanto de subida como de bajada, ya que pueden indicar el estado de la línea si no se consigue el máximo contratado.</li> <li>• <b>Relación señal/ruido</b></li> <li>• <b>Atenuación de subida y bajada</b></li> <li>• <b>Potencia de la señal</b></li> </ul>
FTTX	<p>Las transmisiones por fibra óptica son inmunes a las interferencias electromagnéticas, y por tanto sólo necesitaremos conocer los siguientes parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Potencia de la señal:</b> entre +10 dBm y -40 dBm para 1490nm.</li> <li>• <b>Atenuación de la señal recibida:</b> depende de la longitud del enlace de fibra, siendo de 24,6 dB para una distancia de 5 kilómetros.</li> <li>• <b>Atenuación de la señal enviado:</b> depende de la longitud del enlace de fibra, siendo de 25,2 dB para una distancia de 5 kilómetros.</li> </ul>

HFC	<p><b>En recepción</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Potencia de señal:</b> los márgenes de DOCSIS 3 son de -15 a +15 dBmV.</li> <li>● <b>Relación portadora/ruido:</b> variará según la modulación elegida: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ QAM 64: <math>C/N \geq 23</math> dB</li> <li>○ QAM 256: <math>C/N = 30</math> dB para potencia entre -6 dBmV y +15 dBmV</li> <li>○ QAM 256: <math>C/N = 33</math> dB para potencia entre -15 dBmV y -6 dBmV</li> </ul> </li> </ul> <p><b>En transmisión</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Potencia de señal:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Para A-TDMA: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Entre +8 y +58 dBmV para QPSK</li> <li>■ Entre +8 y +55 dBmV para QAM 8/16</li> <li>■ Entre +8 y +54 dBmV para QAM 32/64</li> </ul> </li> <li>○ Para S-CDMA: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Entre +8 y +53 dBmV</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
3G	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Potencia de señal recibida:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ GPRS/EDGE: óptimo de -75dBm o mejor, y tolera hasta -90 dBm</li> <li>○ UMTS a HSPA+: valor medio de -85 dBm</li> </ul> </li> <li>● <b><math>E_c/I_o</math>:</b> potencia de la señal recibida sobre interferencias en el canal. No debe superar los -10 dB.</li> </ul>

*Tabla 3.12: Parámetros de estudio de diferentes tipos de acceso a red*



### 3.5. Estado actual de la infraestructura de redes en España

Tanto a nivel doméstico como a nivel hospitalario es vital que tanto los parámetros que definen la calidad de la conexión entre ambos extremos de la comunicación como la calidad del acceso entre cliente y proveedor de servicio cumplan unos valores mínimos para permitir las diferentes modalidades de servicio de teleasistencia existentes.

Para el acceso a red del paciente o bucle local proveedor de red se ofertan, dentro del territorio español, diferentes tecnologías o sistemas de transmisión englobados en redes telemáticas propias del proveedor en las que, por las características inherentes a dichos sistemas o tecnologías permiten una mayor o menor velocidad, calidad, ruido, errores CRC, etc., que pueden permitir o no al paciente recibir el servicio que necesita.

Además, la oferta comercial cambia dependiendo de si dicho bucle está asociado al paciente o si está asociado a un centro hospitalario, bien público o privado, dependiente de la Comunidad Autónoma a la que pertenezca: para los servicios antes mencionados, en el ámbito nacional no todas las tecnologías y sistemas de transmisión disponibles en el bucle local cumplen el estándar mínimo para poder garantizar todos los servicios.

Por otra parte, a nivel Europeo hay establecidas una serie de recomendaciones hacia los proveedores de servicio así como para los propios reguladores nacionales del bucle de acceso llamado NRA, que en nuestro caso es el Comité del Mercado de las Telecomunicaciones.

En la Recomendación Europea para las Nueva Generación de redes de Acceso (NGA) [CE26.8.2010] promulgada en el 2010 dentro de la Comisión Europea, se establecen por parte de la Agenda Digital para Europa los objetivos para el despliegue y la adopción de banda ancha rápida y muy rápida, mediante una serie de medidas para fomentar dicho acceso utilizando fibra óptica.

Anteriormente, los requisitos asociados a servicios críticos de telemedicina, tales como alta disponibilidad, ancho de banda mínimo garantizado, y jitter y latencia mínimos únicamente eran contratables por empresas a través de servicios de red integrales, de tal forma que impedían que de forma particular se pudieran contratar y obtener dichas garantías de servicio en la red de acceso.

Por ello, el proveedor de servicio mayoritario en conjunción con el gobierno español, a través de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones (CMT) desarrolló un plan propio, siguiendo la recomendación, para la provisión, mantenimiento y contratación de acceso entre abonado y central para banda ancha rápida y muy rápida basadas en fibra óptica el 11 de noviembre de 2011 mediante la

publicación de la primera versión de la Oferta de Referencia según Resolución DT 2011/738.

Dentro de dicha oferta de referencia para el acceso mayorista en servicios banda ancha, llamada NEBA (Nuevo servicio Ethernet Banda Ancha) [NEBA1] se garantiza un acceso genérico para todos los proveedores de servicio, y permite así que cada proveedor de servicio establezca los parámetros de calidad que considere oportunos. También facilita que todos los operadores, en todas las zonas (no solamente ámbito urbano) ofrezcan servicios con mayor calidad y con valor añadido, además de poder prestar telefonía mediante VoIP con el establecimiento de diferentes tipos de calidades de servicio preestablecidas.

Dicha oferta de referencia para NEBA está definida por el proveedor de servicio mayoritario (Telefónica) mediante la regulación para la provisión y mantenimiento del servicio que permite ofrecer el bucle de acceso al resto de proveedores para accesos de banda ancha FTTH, VDSL2 y ADSL/POTS.

De esta forma es posible ofrecer servicios orientados al sector residencial que requieran calidad de servicio (QoS), y prestar así aquellos servicios de telemedicina con requerimientos críticos de servicio sin tener restricciones por las ofertas minoristas que tenga el proveedor de la central. Además de permitir a todos los proveedores de servicio ofertar dichos servicios con precios competitivos.

### **3.5.1.- Tecnologías de acceso**

Mediante los informes generados para el primer y segundo trimestre de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones así como el informe que Telefónica redacta cuatrimestralmente para el servicio NEBA, tal y como especifica la Comisión Europea en la recomendación asociada para las redes de Acceso de nueva generación basadas en fibra, podemos saber qué tipo de tecnologías de acceso para el mercado doméstico existen y con qué velocidades y calidades de servicio se ofrecen dichos accesos.

Los tipos de accesos ofertados en el territorio español para servicios de banda ancha más utilizados son los siguientes [NEBA1]:

- xDSL
- HFC
- FTTH

Teniendo en cuenta el informe trimestral de la CMT podemos ver el grado de penetración y las velocidades existentes actualmente:

Número de líneas de banda ancha por velocidad y por segmento	Residencial
$\leq 3$ Mbps	1.105.969
$\geq 4$ Mbps $< 10$ Mbps	5.884.721
$\Rightarrow 10$ Mbps $\leq 20$ Mbps	3.134.133
$> 20$ Mbps	1.389.074
Total	11.513.897

*Tabla 3.13: Números de líneas de banda ancha en 2013. [NEBA2]*

Además de dichos servicios se ofrece acceso de banda ancha móvil a través de la tecnología 3G (UMTS/WCDMA) o 2G con peores velocidades de transferencia.

En territorio español existen los siguientes tipos de acceso por protocolo o tecnología: HSPA+, con la máxima transferencia de datos (hasta 84 Mbps de bajada y 22 Mbps de subida teóricos), HSUPA (3.75G) (14 Mbps/7,2 Mbps teóricos), HSDPA (3.5G, 3G+), UMTS, EDGE y finalmente GPRS con una velocidad de descarga similar a una línea RDSI (aunque con mayor latencia).

Dependiendo de la contratación que se realice del servicio, los terminales 3G podrán conectarse a la red con diferentes tipos de tecnologías de acceso que permiten mayor tasa de transferencia de datos tanto de subida como de bajada. Dicha transferencia siempre va a venir restringida por el nodo B o antena 3G a la que se conecte el terminal.

### **Penetración de tecnologías de banda ancha en España**

A continuación mediante el informe anual y semestral del CMT correspondiente al año 2012 vamos a mostrar el grado de penetración de las tecnologías de acceso anteriores.

A nivel global para acceso fijo vemos que todo el territorio español cuenta con mayor o menor grado de alguna tecnología de acceso a banda ancha siendo las provincias de Cuenca y Orense las que menor grado de penetración tienen y en las que el acceso a banda ancha puede ser más difícil:

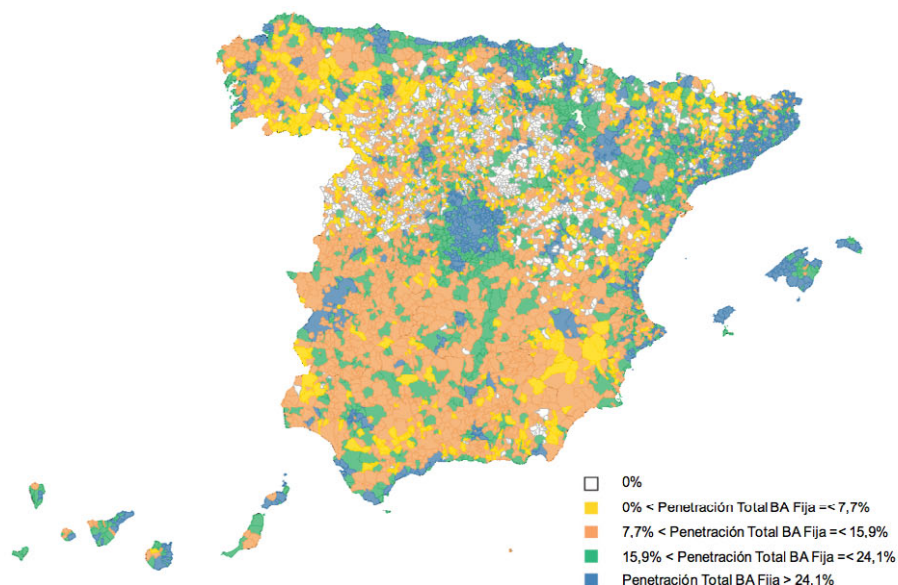


Figura 3.6: Penetración de la banda ancha en España [CMT2012]

Este dibujo del territorio español muestra el número de líneas por cada 100 habitantes: como podemos observar el mayor grado de implantación se produce en Madrid, Barcelona y el País Vasco, que junto con Zaragoza y Asturias tienen mayor número de líneas de banda ancha en todo el territorio.

### Implantación de xDSL

A continuación se muestra la penetración de líneas xDSL por cada 100 habitantes en el territorio español. Como podemos ver el grado penetración es relativamente alto.

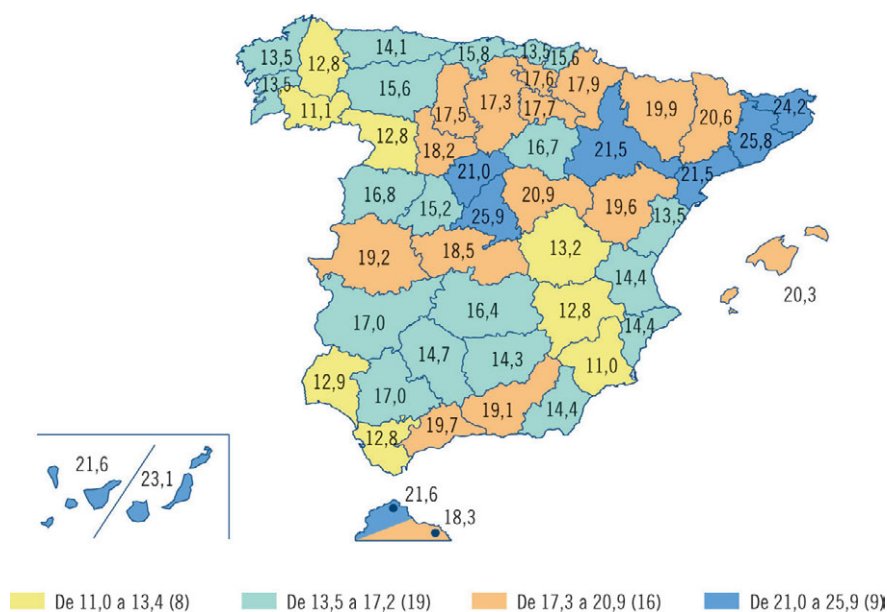


Figura 3.6: Penetración xDSL en España en 2012

## Implantación de GPON (FTTH) y HFC (DOCSIS)

El siguiente mapa muestra la distribución de centrales para servicio FTTH en el territorio español:

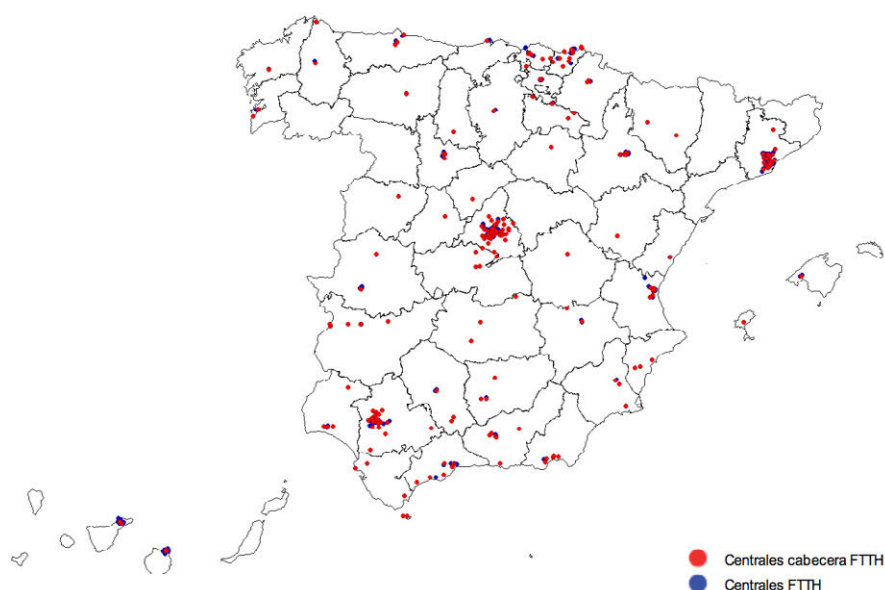


Figura 3.8: Centrales FTTH en España en 2012

Aunque ha crecido la planta que el único proveedor de servicio que oferta el servicio comercialmente ha instalado para facilitar dicho servicio, actualmente solamente en Madrid, Barcelona y Sevilla tienen un alto grado de penetración. Es una tecnología relativamente nueva y los proveedores de servicio (aparte de Telefónica) están realizando pruebas de implantación.

Para tecnología híbrida HFC el grado de penetración es destacable en el norte y Levante:

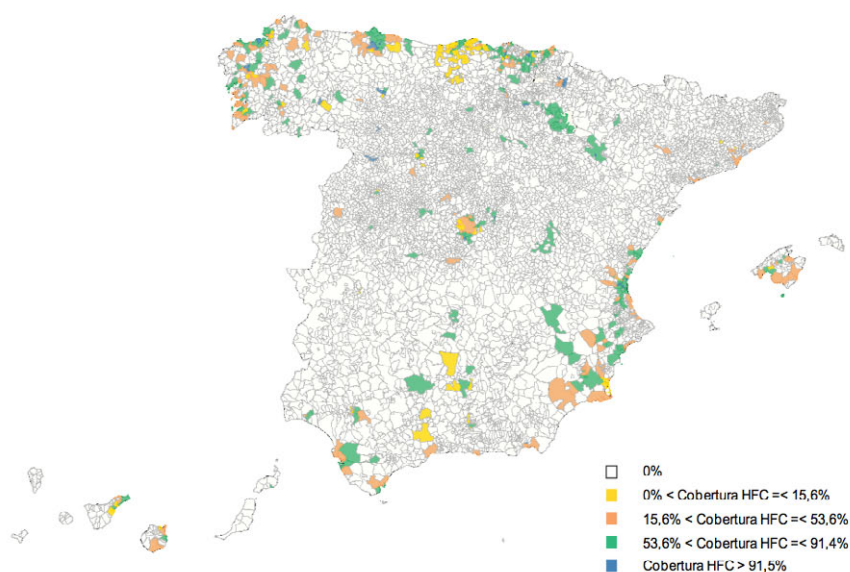


Figura 3.9: Penetración HFC en España en 2012

Como podemos ver en la siguiente gráfica, el grado de implantación de tecnología FTTH o HFC con DOCSIS 3.0 es prácticamente nulo en el ámbito rural y bajo en el ámbito urbano (fuera de Madrid y el norte de España).

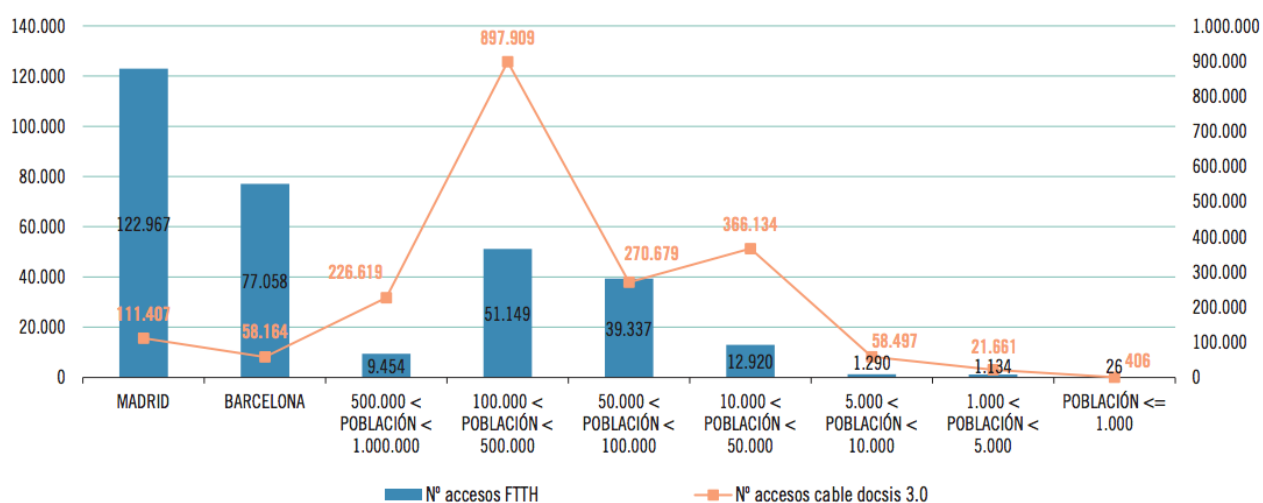


Figura 3.10: Implantación FTTH y HFC en España en 2012

### Implantación de accesos móviles 3G

Para accesos móviles a nivel estatal el número de estaciones móviles que ofertan 3G es alto, pudiendo considerarse dicho acceso como medio principal de backup frente a soluciones RDSI, más caras, o modem RTB, en zonas urbanas :

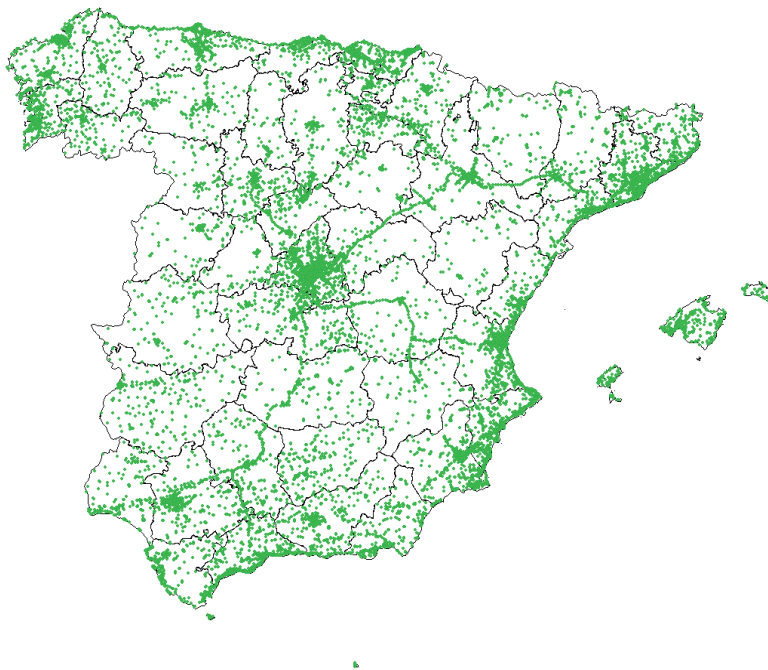


Figura 3.11: Distribución de estaciones 3G en España en 2011

En entornos donde no exista dicha cobertura o directamente no tengamos cobertura de ningún tipo es bastante complicado que exista otro medio de acceso. Las alternativas serían el uso de internet rural [CMTRUR]: actualmente se ofertan servicios alternativos a la conexión de banda ancha móvil mediante modems RDSI, si hay cobertura, conexión vía WIMAX o LMDS, que tienen una alta dependencia de la orografía para su implantación, o el acceso a banda ancha satelital.

Dependiendo la cobertura actual del lugar donde se sitúe el paciente podemos tener diferentes servicios ofertados. Vamos a diferenciarlos por proveedor de servicio y tipo de acceso (fijo o móvil) pensando únicamente en servicios para pacientes.

Para accesos fijos de mayor a menor velocidad por operador y tipo de acceso:

<b>Operadora</b>	<b>Velocidad bajada // subida</b>	<b>Tipo de acceso</b>
Ono	100 Mb // 10.000 Kb	HFC
Ono	50 Mb // 5.000 Kb	HFC
Jazztel	30 Mb // 3.500 Kb	VDSL
Telefónica Movistar	30 Mb // 1.000 Kb	VDSL
Ono	30 Mb // 1.000 Kb	HFC*
Jazztel	20 Mb // 1.024 Kb	ADSL
Vodafone	20 Mb // 1.000 Kb	ADSL
Orange	20 Mb // 1.000 Kb	ADSL
Jazztel	12 Mb // 1.024 Kb	ADSL
Yacom	10 Mb // 1.000 Kb	ADSL
Telefónica Movistar	10 Mb // 800 Kb	ADSL
Vodafone	6 Mb // 1.000 Kb	ADSL
Jazztel	6 Mb // 1.000 Kb	ADSL
Ono	6 Mb // 300 Kb	HFC*
Jazztel	3 Mb // 512 Kb	ADSL
Jazztel	1 Mb // 512 Kb	ADSL
Telefónica Movistar	50Mb /5Mb	FTTH
Telefónica Movistar	100Mb/10Mb	FTTH

*Tabla 3.14: Información de las ofertas actualizada el 18/07/2012 [OPERAD]*

Accesos de datos a través de redes móviles por operadora de mayor a menor velocidad contratable:

Operadora	Tráfico incluido (mínimo)	Velocidad (bajada/subida)	Acceso*
Movistar	10,0 GB	42 Mb // 5.700 Kb	HSPA+
Movistar	5,0 GB 128/64 Kbps	42 Mb // 5.700 Kb	HSPA+
Vodafone	10,0 GB 1 Mb	21 Mb // 5.700 Kb	HSPA+
Vodafone	5,0 GB 128 Kb	21 Mb // 5.700 Kb	HSPA+
Vodafone	500 MB 128 Kb	7 Mb // 2.000 Kb	HSDPA
Vodafone	2,0 GB 128 Kb	7 Mb // 2.000 Kb	HSDPA
Vodafone	1,0 GB 128 Kb	7 Mb // 2.000 Kb	HSDPA
Simyo	5,0 GB 128 Kb	7 Mb // 2.000 Kb	HSDPA
Simyo	1,0 GB 64 Kb	7 Mb // 2.000 Kb	HSDPA
Pepephone	3,0 GB	7 Mb // 2.000 Kb	HSDPA
Pepephone	1,0 GB	7 Mb // 2.000 Kb	HSDPA
Orange	5,0 GB 128 Kb	7 Mb // 2.000 Kb	HSDPA
Orange	1,0 GB 64 Kb	7 Mb // 2.000 Kb	HSDPA
Ono	5,0 GB	7 Mb // 2.000 Kb	HSDPA
Ono	1,0 GB	7 Mb // 2.000 Kb	HSDPA
MÁSMovil	1,0 GB	7 Mb // 2.000 Kb	HSDPA
Jazztel	5,0 GB 128 Kb	7 Mb // 2.000 Kb	HSDPA
Jazztel	1,0 GB 128 Kb	7 Mb // 2.000 Kb	HSDPA
Movistar	500 MB 128/64 Kbps	7 Mb // 1.400 Kb	HSDPA
Movistar	2,0 GB 128/64 Kbps	7 Mb // 1.400 Kb	HSDPA
Yoigo	10,0 GB 128 Kb	3 Mb // 384 Kb	HSUPA
Yoigo	3,0 GB 128 Kb	3 Mb // 384 Kb	HSUPA

*Tabla 3.15 Información de las ofertas actualizada el 23/03/2012 Fuentes: [OPERAD]*

\* si hay cobertura, las tecnologías de acceso depende de que exista antenas compatibles a dichos accesos.

Información de las ofertas actualizada el 23/02/2012



### 3.5.1.1.- Banda ancha para servicios de telemedicina en España

Con los servicios asociados a las anteriores tecnologías se pueden ofrecer aquellos que no requieran alta disponibilidad, y que no sean críticos para la salud del paciente para las ofertas actuales.

Únicamente a través de la nueva oferta de servicios NEBA, cuya implantación empezó en julio de 2012 para altas nuevas y a principios de Enero de 2013 para traslados se puede conseguir calidades de servicio con las mismas tecnologías de acceso anteriores: a través de la referencia de los nuevos accesos NEBA podemos saber que para los accesos ADSL2+, VDSL2, y FTTH se pueden comercializar la opción a nivel doméstico de contratar diferentes niveles de servicio. Son estos tres (tal como ya se hacía de forma más restringida a nivel empresarial):

- **Best Effort** utilizado para el acceso a Internet como estándar..
- **Oro**, destinado al sector empresarial, asegura mayor calidad de servicio.
- **Real Time** es idóneo para proporcionar servicios de telefonía IP o aplicaciones en tiempo real (videoconferencia por ejemplo) y es una de las características que distinguen al NEBA de los anteriores GigADSL y ADSL-IP.

Además gracias al informe de la CMT del servicio NEBA podemos saber los límites que tienen los proveedores de servicio en el ámbito de las tecnologías ADSL2+, VDSL2 y GPON (FTTH) y HFC:

- Para tecnología ADSL 2+:
  - Máxima Velocidad Proveedor - usuario = 20 Mbps
  - Máxima Velocidad usuario - proveedor = 800 Kpbs

Las velocidades están limitadas por la propia tecnología. No se puede aumentar la velocidad en este caso ya que el proveedor no tiene implementado el anexo M para los DSLAM IP que tiene instalados. En el caso de DSLAM ATM si se podría igualar la velocidad de subida que de bajada.

- Para tecnología VDSL2:
  - Máxima Velocidad Proveedor - usuario = 30 Mbps
  - Máxima Velocidad usuario - proveedor = 10 Mb Excepto simétricos.
  - Máxima Velocidad usuario - proveedor  $\leq$  3 Mbps en perfiles simétricos.
  - Velocidad máxima perfil simétrico con calidad de servicio ORO = 2M
- Para Tecnología GPON (FTTH):
  - Máxima Velocidad Proveedor - usuario = 30 Mbps
  - Mínima Velocidad Proveedor - usuario = 10 M.
  - Mínima Velocidad usuario - proveedor = 1 M

- Máxima Velocidad simétricos ORO = 2M
- Para Tecnología HFC (DOCSIS 3)
  - Máxima Velocidad Proveedor - usuario = 160 Mbps
  - Máxima Velocidad Usuario - proveedor = 120 Mbps
  - No hay definición de calidades para este tipo de tecnología.

### 3.5.2.- Seguridad en redes públicas en España

Para la implementación de un servicio de telemedicina es vital que el paciente pueda asegurarse de que la información que está transmitiendo se hace a través de un canal seguro. Para ello, tanto

En España contamos con autoridades de certificación de claves públicas para la emisión de certificados para que a través de una conexión a internet segura podamos establecer canales de comunicación con las garantías mencionadas en la sección anterior.

Igualmente, y en el ámbito nacional, tanto para soluciones ADSL normales como con soluciones con calidades de servicio a través de NEBA, el proveedor de servicio se guarda de que desde el equipo terminador de red en domicilio de cliente hasta la conexión a internet se establezca los niveles de seguridad adecuados para que no exista por parte del usuario que contrata la línea un mal uso de los elementos intermedios de la red.

Dicho esto, cualquier solución que requiera la intervención del proveedor de servicio tales como túneles IPSEC seguros extremo a extremo, o entidades de certificado para poder ofrecer un servicio mejorado para particulares sobre Internet, requieren la contratación de un servicio concreto.

En el caso de Telefónica, dicho servicio se puede ofrecer a través del servicio Netlan: entre otras cosas, permite que mediante los accesos ADSL/FTTH que ya tengan los usuarios, establecer túneles IPSEC hacia servidores que ofrecen finalmente acceso a internet, o acceso a recursos privados. Esta solución es todavía más global ya que además de ofrecer túneles estáticos en los equipos en domicilio de cliente permite a través de una conexión a internet cualquiera, establecer un túnel con el servidor. Esto es, podremos conectarnos en cualquier sitio donde tuviéramos cobertura 3G a dicho entorno, mediante la instalación de la aplicación correspondiente en un terminal móvil.

Además, para organismos públicos y empresas se ofrecen servicios de redes MPLS RPV integradas, esto es redes privadas de mayor tamaño con las mismas calidades del mundo empresarial como del mundo particular. El principal escollo de esta solución es que requeriría por parte de la institución de una fuerte inversión ya que hasta el domicilio de cliente las líneas tendrían que pertenecer a la empresa que quisiera tener esta red MPLS, por lo que puede producirse que un paciente tenga una línea ADSL

para conectarse con los servicios médicos y otra para conectarse a internet.

El problema que tienen estas dos soluciones, es decir, la solución NETLAN y la solución de red privada virtual es que requiere por parte del organismo, sea público o no, de una fuerte inversión, configuración y mantenimiento que, mediante el uso de internet no es necesario.

Por ello recomendamos que dado que las comunicaciones se realizarán extremo a extremo y que podemos contar con garantías que el direccionamiento IP en ambos extremos es el mismo, si se precisa de una tunelización, se realice un esfuerzo para poder integrar dichos túneles IPSec fuera del equipo de terminación de red, y evitar sobrecostos innecesarios.

### 3.5.3.- Calidades de servicio en España

Tal como explicamos anteriormente, en el sector doméstico sólo podemos tener calidades de servicio en el caso de que se contrate el servicio NEBA y solamente con tecnologías de acceso ADSL2+ y VDSL como para GPON. No se contempla dicho servicio NEBA sobre ADSL ni sobre accesos RDSI.

Telefónica define tres servicios disponibles en función de las calidades de servicio [NEBA1] establecidas en cada uno de ellos. Dichas calidades de servicio son compatibles una a una y se definen o bien porcentajes sobre el ancho de banda total o un tráfico fijo para cada tipo de caudal contratado con dichos servicios. Estas calidades de servicio están definidas para una gestión del tráfico con DiffServ de tal forma que todos los operadores que en la actualidad ofrecen este servicio (Telefónica y ONO) pueden interoperar y establecer comunicaciones extremo a extremo garantizando que desde el origen de la comunicación hasta el destino toda la comunicación tiene marcada la calidad, y por tanto cumple con los criterios necesarios.

Para establecer dichas calidades de servicio, sobre el tráfico IP se marca dicho tráfico mediante los tres bits más significativos de DSCP que establece la precedencia de dicho tráfico frente a otro:

- **Best Effort (BE):** tráfico sin prioridad, por ejemplo, tráfico de Internet. No implica por parte del proveedor de servicio ninguna garantía en entrega de paquetes, y tiene asociado un valor de pérdida de paquetes máximo durante un tiempo. Con valor de precedencia 1.
- **Oro:** tráfico prioritario, frente a BE con valor de precedencia es 3. Tiene asociados umbrales de pérdidas de paquetes dentro del ANS general del servicio.
- **Real time (RT):** orientado a servicios de voz sobre ip. Este tráfico es prioritario respecto a la calidad Oro. Tiene ANS con valores de pérdidas de paquetes, retardo, y jitter definidos. Esta clase de Servicio debe estar asociada a tráfico sensible al retardo y que no sea susceptible de generar picos de tráfico. Por lo tanto, su principal aplicación debe ser el transporte de VoIP.

Clase identificada con la precedencia 5.

Podemos por tanto establecer esta tabla DSCP con los valores marcados según documentación de la CMT asociada al servicio NEBA:

Precedencia	Valor DSCP	en Bits	Tipo de servicio
5	dscp 40	101 000	Real-Time
5	dscp 41	101 001	Real-Time
5	dscp 42	101 010	Real-Time
5	dscp 43	101 011	Real-Time
5	dscp 44	101 100	Real-Time
5	dscp 45	101 101	Real-Time
5	dscp 46	101 110	Real-Time
5	dscp 47	101 111	Real-Time
3	dscp 24	011 000	Oro
3	dscp 25	011 001	Oro
3	dscp 26	011 010	Oro
3	dscp 27	011 011	Oro
3	dscp 28	011 100	Oro
3	dscp 29	011 101	Oro
3	dscp 30	011 110	Oro
3	dscp 31	011 111	Oro
1	dscp 8	001 000	Best Effort
1	dscp 9	001 001	Best Effort
1	dscp 10	001 010	Best Effort
1	dscp 11	001 011	Best Effort
1	dscp 12	001 100	Best Effort
1	dscp 13	001 101	Best Effort
1	dscp 14	001 110	Best Effort
1	dscp 15	001 111	Best Effort

*Tabla 3.16: valores de precedencia y QoS establecidas [NEBA1]*

Con esta tabla tendremos que adaptar dichos valores a los servicios de telemedicina que deseemos

ofrecer de tal forma que tenemos que tener claro que calidades de servicio requieren cada una tal y como definimos en el punto.

Igualmente, el comportamiento del tráfico de cada calidad de servicio (QoS) en función de la tecnología de acceso sobre la que se construya el servicio es el siguiente:

### **En conexiones sobre tecnología ADSL2+**

El tráfico no prioritario best-effort (BE) se ajustará a la velocidad de sincronización de la línea ocupando así todo el ancho de banda de la línea salvo que existan tráficos de calidades superiores, ya que dependiendo de la calidad del enlace de cobre entre el modem de central y el que está en el domicilio del paciente dicha velocidad varía.

En ese caso, el tráfico best-effort reducirá su caudal todo lo que demanden los tráficos prioritario (oro) o real-time, que podrán alcanzar el valor máximo contratado para los mismos. Lo mismo ocurre con el tráfico oro, que ocupará el máximo ancho de banda si coexiste con el real-time y reducirá su caudal en la medida que el tráfico real-time esté presente.

### **En conexiones sobre tecnologías VDSL2 y GPON**

El tráfico de cada QoS se ajustará al caudal contratado para la misma con independencia del tráfico de otras calidades cursado en el mismo acceso. Es decir, se aplica un criterio de utilización del ancho de banda por servicio/QoS.

No se modificará el marcado de paquetes de una determinada QoS para aplicar otra calidad. Los caudales de las modalidades no prioritario, oro, y real-time estarán sujetos a la velocidad contratada (velocidad máxima) mediante mecanismos de “rate limit” implementados en los nodos de acceso.

Para garantizar las calidades de servicio se establecen las siguientes medidas:

- **Establecimiento de Políticas (sentido ascendente):** para ello se realiza control de tráfico mediante policy routing [RFC 1102]: en el nodo de acceso (DSLAM/OLT) se realizará control del tráfico cursado mediante el establecimiento de límites de transferencia por conexión y tipo de calidad. Como se indicó en el apartado anterior, en accesos ADSL2+ el tráfico BE se podrá ajustar a la velocidad de sincronización de la línea y ocupar así todo el ancho de banda de la línea salvo que existan tráficos de calidades superiores.  
En ese caso, el tráfico BE reducirá su caudal todo lo que demanden los tráficos oro y real-time, que podrán alcanzar el valor máximo contratado para los mismos.
- **Establecimiento de Priorizaciones (sentido descendente):** para ello se utiliza el marcado del tráfico IP via DiffServ [RFC2474]. Se realiza un control del tráfico en el nodo de acceso

(DSLAM/OLT) teniendo en cuenta la prioridad aplicable a las QoS contratadas por el operador en cada conexión, de acuerdo con las prioridades por tipo de tráfico establecidas (RT > ORO > BE).

En caso de congestión, el tráfico se prioriza según el orden anterior aplicando técnicas de marcado y priorización. Se emplean colas de tráfico independientes para cada QoS.

## Capítulo 4

### *Acceso a red en los servicios de teleasistencia*

---

Uno de los puntos más débiles en un servicio de teleasistencia es la conexión a Internet desde la casa del paciente hasta el proveedor de red. Por eso para poder cumplir el objetivo que nos hemos marcado de asegurar que un servicio de telemedicina en el hogar de un paciente va a estar disponible el 100 por cien del tiempo tenemos primeramente que estudiar qué necesitamos para ello.

El siguiente estudio nos permitirá extraer un modelo aconsejado para desplegar servicios de telemedicina y diversas recomendaciones para su implantación, utilizando los tipos de acceso a redes más favorables que hay en España para la teleasistencia vistos en el apartado 3.2.- *Estado actual de la infraestructura de redes en España*. Nos basaremos en las necesidades reales del servicio, tanto de tráfico como de fiabilidad, así como de los agentes implicados.

Una vez tengamos ese modelo básico de servicio, intentaremos darle solución a los casos de estudio detallados en el apartado 2.8, y añadiremos una función técnica realmente importante para asegurar el buen funcionamiento del servicio: la previsión de caídas de la conexión. Detallaremos cómo hacerlo en dos escenarios: uno en el hogar del paciente, y un sistema de monitorización móvil de pacientes.

## 4.1.- Análisis de requisitos

Ya hemos visto la complejidad y diversidad a la que pueden llegar los servicios de telemedicina y teleasistencia, y por eso realizar un análisis de requisitos genérico para los enlaces que vertebran las comunicaciones entre los distintos actores es extremadamente difícil.

Aun así, se establecerán una serie de requisitos generales que se van a tener que cumplir en casi todos ellos, basados además en la clasificación realizada en el apartado 2.1.2.5.- *Características de un servicio de telemedicina*, las necesidades/requisitos de cada actor implicado en un servicio (paciente, proveedor de red, cuidador informal, proveedor de servicio) definidas también en el capítulo 2, y lo visto de calidad de servicio y redes de acceso del capítulo 3.

### 4.1.1.- Contexto

Los escenarios de teleasistencia suelen tener algo en común: la importancia del enlace que conecta al paciente con la red del proveedor de red y, en última instancia, con el proveedor de servicios.

La red de acceso es un elemento crítico de los servicios de salud al que no se presta la importancia que tiene, dejando prácticamente en todos los textos consultados su buen funcionamiento a la buena suerte o al buen hacer de los proveedores de red de acuerdo con los SLA (*Service-Level Agreement*) y SQA (*Service Quality Agreement*) que se establezcan con ellos.

Pero eso es insuficiente para asegurar su buen funcionamiento, teniendo en cuenta que en ningún caso se está exento de sufrir cortes del servicio en los hogares que, a la postre, se suelen producir por las noches, uno de los momentos donde los pacientes sufren más percances. También por muchos acuerdos de SLA y SQA a los que se lleguen, si no hay una bibliografía técnica que indique al proveedor de servicios de salud qué es lo que tiene que solicitar exactamente del proveedor de red, no podrá estar seguro de que reciba el mejor servicio posible de las operadoras.

Por eso en este análisis de requisitos nos vamos a centrar en los enlaces de los servicios de teleasistencia (uno de los más importantes de telemedicina) que, según lo definido en la recomendación [E.800] de la ITU-T, se corresponden con las redes de acceso. La calidad de servicio de un sistema de telecomunicación depende del aporte específico que realizan a él las diversas partes implicadas. Estos componentes se muestran en el siguiente esquema, y se definen en el mismo documento E.800 de la ITU-T.



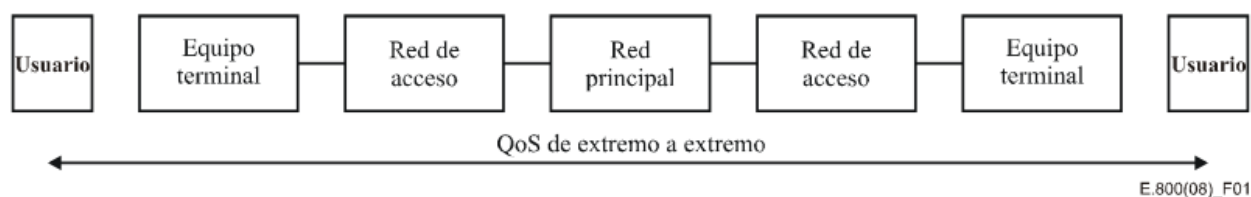


Figura 4.1: ITU-T E.800: Calidad de servicio de extremo a extremo

Cada uno de estos componentes debe contribuir de la mejor forma posible a que la calidad de servicio sea la correcta. La red de acceso deberá cumplir con una serie de parámetros técnicos dependientes del servicio contratado con el proveedor de red, y normalmente negociados como servicio a parte de la línea principal (ya sea ADSL, fibra, inalámbrico, etc.).

Es también fundamental que el usuario (o el conjunto de los miembros de un hogar) aporte su grano de arena al conjunto: si quiere realizar una videoconferencia, debería mantener el tráfico de datos (FTP, BitTorrent, etc.) a un mínimo mientras dure, así como mantener en buen estado el cableado de su casa, el sistema eléctrico, etc.

Como hemos visto en el capítulo 3, en España sí que es posible garantizar la calidad de servicio en teleasistencia usando las redes que están actualmente desplegadas por Telefónica y por British Telecom.

## 4.1.2.- Requisitos

### 4.1.2.1.- Requisitos de los actores

Hemos visto en el Capítulo 2 la importancia que tiene para los usuarios de los servicios de teleasistencia que estos funcionen adecuadamente. A continuación recordamos algunos de los requisitos para los distintos actores implicados.

Actor	Requisitos
Paciente	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Sistema fiable para proporcionar tranquilidad</li> <li>● Fácil de utilizar para no causar rechazo</li> <li>● Asegurar la confidencialidad de la información</li> <li>● Que el sistema sea adecuado a sus necesidades específicas</li> <li>● Que no sea intrusivo</li> </ul>
Cuidador informal	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Sistema fiable para proporcionar tranquilidad</li> <li>● Fácil de utilizar para no causar rechazo</li> </ul>
Proveedor de red	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Parámetros de la línea adecuados para las necesidades del servicio</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Respetar los SLA acordados</li> <li>● Proporcionar vías alternativas de conexión a la principal</li> <li>● Redundancia de equipos en servicios críticos</li> <li>● Interoperabilidad con las redes de otros servicios de telemedicina</li> <li>● Facilidad de supervisión</li> </ul>
Proveedor de servicios de salud	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Alta fiabilidad</li> <li>● Facilitar la gestión médica</li> <li>● Reducción de costes médicos</li> <li>● Equipamiento adecuado a las necesidades del servicio</li> <li>● Personal debidamente entrenado en el uso de los servicios de telemedicina</li> <li>● Confidencialidad de la información que manejan</li> <li>● Interoperabilidad de los servicios que prestan para poder comunicarse con los de otros centros de salud nacionales o internacionales: software <i>open source</i> y estándares abiertos</li> <li>● Facilidad de supervisión</li> </ul>

Tabla 4.1: Requisitos de los actores en un servicio de telemedicina

De estos requisitos vemos que, asegurando el buen funcionamiento del enlace, vamos a obtener tanto beneficios tecnológicos como a nivel personal. Al fin y al cabo es importante que los servicios de telemedicina estén hechos para satisfacer las necesidades de los usuarios, los principales beneficiados de estos servicios, y nunca hay que perderlo de vista.

#### 4.1.2.2.- Requisitos de la red de acceso

Puesto que hoy en día la interfaz que conecta el hogar de un paciente con Internet tendrá que **cursor todo tipo de tráfico**, este es uno de los primeros requisitos que tenemos que establecer. Además de acceder a los servicios de teleasistencia, el paciente y los que vivan con él deberán poder usar la conexión a Internet para consultar su correo electrónico, chatear, escuchar música en streaming, o cualquier otra utilidad práctica de Internet. Para el paciente, tener varios tipos de líneas conectando su casa sería extremadamente complejo, además de que los costes de mantener varias conexiones distintas harían en muchos casos inviables la implantación de los servicios de telemedicina.

Por eso otro de los requisitos estaría relacionado con realizar los despliegues con el **menor costo posible**. Al fin y al cabo, los servicios de telemedicina pretenden ahorrar a la administración pública (y privada) grandes cantidades de dinero invertidas actualmente en el desplazamiento de médicos y

ambulancias a los hogares de los pacientes. Si con una inversión mínima conseguimos proporcionar los servicios de teleasistencia al paciente además de que pueda utilizar el enlace para sus usos habituales (ver el correo, chatear, etc.) la utilidad de los servicios de teleasistencia también aumentarán.

Los enlaces utilizados para prestar servicios también deben estar **disponibles prácticamente todo el tiempo**. Si en algún momento un paciente necesita utilizar un servicio de telemedicina y no funciona, esto causaría una terrible sensación de inseguridad en él que posiblemente causaría a corto o largo plazo el rechazo hacia estas nuevas tecnologías.

Además de que los enlaces puedan cursar todo tipo de tráfico, la información que transporten **no debe sufrir ningún tipo de degradación de su calidad**. Si hay que transmitir un electrocardiograma, debe llegar la información perfectamente al otro extremo de la conexión, o si se está realizando una conferencia o llamada, debe entenderse perfectamente.

Para evitar un uso inadecuado de un servicio de telemedicina, ambas partes **deben estar autenticadas**, demostrando que son quienes dicen ser antes de poder beneficiarse del servicio. De esta forma el paciente se siente seguro en el uso del sistema y los proveedores de salud también pueden asegurarse de qué personal sanitario está implicado en la supervisión de un caso determinado.

Debido al carácter privado de la información que se transporta por los enlaces, la **privacidad de la comunicación debe estar asegurada** en todo momento para aquellos servicios en los que sea necesario. Para acelerar ciertos servicios puede no ser necesaria una encriptación especial (por ejemplo, activar una alarma de que el paciente se ha caído en su hogar), mientras que otras van a tener que ser encriptadas desde el establecimiento de llamada hasta la liberación de la misma (videoconferencia entre médico y paciente). Esto lo debe tener siempre muy presente el paciente, ya que de otra forma también podría causar rechazo al servicio de teleasistencia.

## 4.2.- Supervisión del canal

Una vez establecidos los requisitos de los actores y de la línea de acceso de un servicio de teleasistencia, la forma más fácil de asegurar que un enlace va a funcionar correctamente es monitorizándolo periódicamente y estableciendo una serie de alarmas o eventos que se puedan recibir a uno y otro lado de la conexión extremo a extremo.

De esta forma, los proveedores de servicios de salud podrán tomar las medidas oportunas y la información recibida también se podrá utilizar para prever caídas de la conexión.

Los parámetros de línea que tendremos que monitorizar serán los del tipo de acceso a red (ADSL, fibra, 3G, etc.) y de acuerdo al tipo o tipos de servicio que se quiera proporcionar a través de él. Esta información está relacionada con la calidad del servicio que hemos visto en el apartado 3.3.- *Calidad de servicio (QoS)*, que serán sobre todo jitter, retardo, ancho de banda y pérdida de paquetes. Los veremos en más profundidad en el apartado 4.2.2.- *Parámetros de supervisión para garantizar QoS*.

### 4.2.1.- Sistemas de gestión de red

Para conocer el estado de los equipos de una red se requiere de algún tipo de método que nos permita recabar esa información, así como su configuración y posibles problemas que puedan estar ocurriendo en ellos. Los protocolos de gestión de red permiten realizar estas labores [LinuxAdm].

Aunque existen diversos protocolos, tanto propietarios como abiertos, el más utilizado en casi todos los ámbitos es el Protocolo simple de gestión de red (del inglés *Simple Network Protocol*, SNMP) [LinuxAdm], ya que dispone de diversas implementaciones para servidores Linux, y sirve para realizar la gestión de redes TCP/IP, además de estar ampliamente utilizado en todos los ámbitos .

Con la información obtenida de los equipos de red a través de SNMP, se pueden crear herramientas que muestren el estado de la red de manera visual, facilitando su supervisión. A continuación vamos a ver varios ejemplos de protocolos de gestión de red y de implementación de SNMP.

#### 4.2.1.1.- Internet Control Message Protocol (ICMP)

La forma más sencilla de gestión de red es ICMP, que se encarga de notificar de cambios que se estén experimentando en una red a los equipos que estén conectados a ella. Una definición (traducida del inglés) de este protocolo la podemos encontrar en [CoreProt, pág. 172]:

*Internet Control Message Protocol proporciona un mecanismo para que los dispositivos IP puedan intercambiar entre ellos información relacionada con problemas de red que estén evitando la entrega de paquetes. Aunque IP es un protocolo no fiable que no garantiza la entrega, es importante ser capaz*

*de informar al remitente cuándo no es posible la entrega debido a un error semipermanente no transitorio.*

Este protocolo está definido en el [RFC 792], y con algunos puntos aclarados en los [RFC 1122] y [RFC 1812]. Para realizar las notificaciones se envía un paquete ICMP (marcado con el identificador de protocolo 1), con un tipo de mensaje de error seleccionado de una lista predeterminada que se puede consultar en el registro online de la Autoridad de Asignación de Números de Internet (IANA):

- <http://www.iana.org/assignments/icmp-parameters/icmp-parameters.xml>

Entre los mensajes de error tenemos algunos como destino inalcanzable, tiempo excedido, o redirección. ICMP también se utiliza en las herramientas *ping* y *traceroute* de Linux, que proporcionan respectivamente información básica sobre si la IP de destino puede ser alcanzada y cuál es su latencia, o las redes que tiene que ir atravesando una comunicación.

Existen versiones específicas de ICMP para las redes IPv4 (ICMPv4) e IPv6 (ICMPv6).

#### 4.2.1.2.- Protocolo simple de gestión de red (SNMP)

Como hemos dicho, SNMP es el protocolo de gestión de redes más utilizado actualmente, aunque es un protocolo abstracto que está dividido en varios componentes [LinuxAdm, pág. 659] [TXDAT, pag. 765].

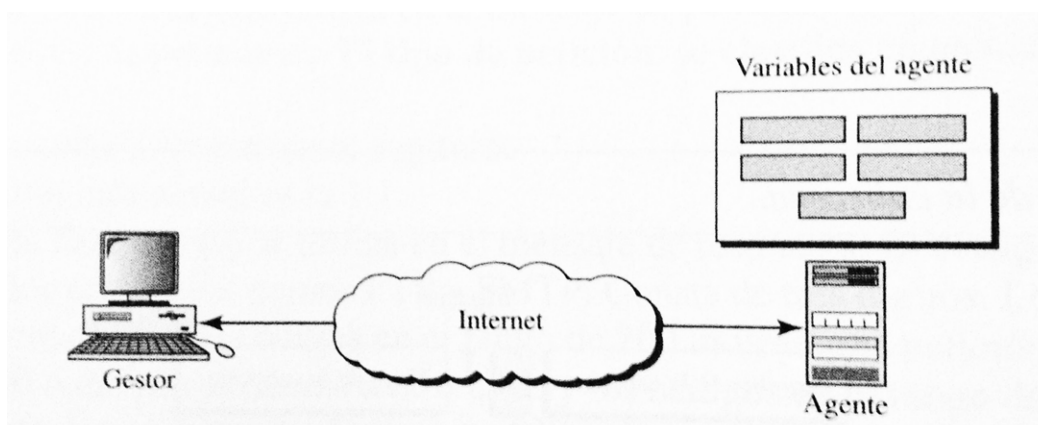


Figura 4.2: Ejemplo de arquitectura SNMP [TXDAT, pág. 764]

- **Dispositivo gestionado:** en la actualidad se trata de todo tipo de aparatos, que van desde routers y switches, hasta cámaras IP, impresoras IP o incluso smartphones, pasando por servidores en Internet.
- **Agente:** se trata de un servidor de SNMP al que llegarán las solicitudes de acceso a la información que contiene, y que se encuentra instalado en el dispositivo gestionado. Son capaces de informar de eventos inusuales a los gestores sin que haya solicitud previa.

- **Gestor:** es la aplicación cliente (*Network Management System*, NMS) que realiza las solicitudes de información al agente, ya sea mediante línea de comando o una aplicación para entorno de ventanas en el que también se pueda ver la topología de la red.
- **Management Information Base (MIB):** se trata de los formatos y tipos de información que se pueden intercambiar entre gestor y agente, almacenados en el agente. Los tipos concretos de datos son conocidos como identificadores de objeto (del inglés *Object Identifiers*, OID). Se establecen en forma de jerarquía para facilitar su organización.
- **Structure Management Information (SMI):** se describe plenamente la versión SMIV2 en el [RFC 2578] y [RFC 2579]. Es un componente en el agente que se encarga de establecer las normas de describir los objetos, incluido los tipos que pueden existir en un agente determinado, y su relación entre ellos. Cada objeto tiene cinco descriptores: tipo de objeto (cadena de texto para acceder al objeto), sintaxis, acceso posible por un gestor (no accesible, sólo lectura, lectura/escritura), estado (actualizado, obsoleto o desaprobadado [del inglés *deprecated*]) y descripción de la semántica del objeto [IEEE405].

Esta arquitectura de agentes (servidores) y gestores (clientes) es fácil supervisar periódicamente todo tipo de equipos de red participantes en un servicio de teleasistencia. Como veremos más adelante, también es posible establecer el intercambio de información en una red de área personal (PAN) en el que un móvil haga de agente y recolector de las motas de la red de sensores médicos.

## Versiones de SNMP

SNMP fue un protocolo desarrollado en 1988 en los RFC 1065 a 1067, que se conocen como SNMPv1, con grandes carencias en el apartado de la seguridad. En el RFC 1441 se definió el SNMPv2, y mejorado en los RFC 1901 a 1908 conocido como SNMPv2c.

Finalmente, la versión 3 de SNMP se definió en los RFC 3411 a 3418, e introdujo grandes mejoras en confidencialidad, integridad de los mensajes y autenticación [LinuxAdm], por lo que es la que se recomienda usar para desplegar servicios de telemedicina.

Esta última versión define ocho tipos de consultas que se pueden realizar a un agente [TXDAT, pág. 767] y que facilitan la solicitud y acceso a los distintos objetos almacenados en el equipo: *GetRequest*, *GetNextRequest*, *GetBulkRequest*, *SetRequest*, *Response*, *Trap*, *InformRequest*, y *Report*.

Los métodos “Get” sirven para recuperar el valor de una variable o las siguientes, que se envían mediante un método *Response*. *InformRequest* sirve para solicitar información entre gestores de sus agentes que supervisan. El método *SetRequest* establece un valor a una variable, y *Trap* genera un evento asincrónicamente (por ejemplo, que se ha llegado al máximo de la capacidad de línea, que los

parámetros de línea han bajado de un cierto valor, etc.). *Report* sirve para informar de errores entre gestores.

SNMP también permite establecer una serie de alarmas en el MIB, estableciendo una serie de criterios que se deben cumplir para que salte la alarma. Por ejemplo, que se supere un cierto umbral superior o inferior de un parámetro de línea como pueda ser la atenuación. Esos valores podrán ser modificados por el gestor, y el cambio podría automatizarse para crear alarmas de baja importancia basada en históricos recientes de los parámetros.

Para tratar las alarmas generadas se pueden establecer una serie de eventos, que pueden tener como finalidad guardar en un log los datos de la alarma, generar un trap para que los gestores estén al corriente de la alarma, o ambas cosas a la vez.

La suite de aplicaciones más utilizada en Linux es Net-SNMP (<http://net-snmp.org>), gratuita, y que implementa las tres versiones de SNMP [LinuxAdm, pág. 661]. Es la opción más recomendable para usar un servidor como gestor, aunque hay otro tipo de soluciones integradas para realizar además la visualización gráfica de la información.

Nagios Open Source y OpenNMS serían dos de esas soluciones para la monitorización en tiempo real de una red, e incluye plugins para diversos escenarios típicos de red. Puesto que se tratan de software *open source*, es una de las herramientas recomendadas para utilizar en telemedicina. También sirve para supervisar el cumplimiento de los SLAs establecidos entre proveedores, y tomar las medidas oportunas para que los pacientes no sufran cortes innecesarios en el servicio de teleasistencia.

#### 4.2.1.3.- Riesgos de seguridad de SNMP

Aunque las versiones de SNMP anteriores a la SNMPv3 carecen de una política de seguridad apropiada, esta última versión proporciona tres servicios fundamentales para asegurar las conexiones entre gestor y agente [ComRed, pág. 804].

- **Autenticación:** el agente sabe que el remitente de un mensaje SNMP es quien dice ser mediante la incorporación de un código que le identifica en base a una clave secreta que sólo conocen emisor y receptor.
- **Privacidad:** los mensajes intercambiados pueden ser encriptados usando el cifrado estándar de datos (del inglés *Data Encryption Standard*, DES) y en función a la clave secreta que comparten.
- **Control de acceso:** esta versión de SNMP permite además asignar distintos niveles de acceso a los gestores a los elementos de la base de datos de objetos (MIB).

Utilizando SNMPv3, la mayoría de los problemas de seguridad de versiones anteriores de SNMP quedan solucionados. Con este protocolo se puede realizar de forma segura el intercambio de información médica, manteniendo así la privacidad de los usuarios de teleasistencia.

#### **4.2.1.4.- Remote Network Monitoring (RMON)**

Para supervisar posibles problemas en la red local de la casa de un paciente, existe un MIB específico que se encarga de recopilar información de lo que está aconteciendo en ella denominado monitorización de red remota (RMON) [LinuxAdm, pág. 661]. El RFC 2819 se encarga de describir su funcionamiento, y lo divide en nueve grupos de estadísticas: Estadísticas Ethernet, Control de históricos, Historia de Ethernet, Alarma, Huésped, HostTopN, Matriz, Filtros, Capturador de paquetes. Resumiendo su funcionamiento, se encargan de recopilar información de las interfaces Ethernet conectadas y de generar eventos y alarmas comparando valores tomados con los de los históricos y umbrales impuestos.

En cada grupo se definen una o más tablas de control y de información [IEEE405]. Las de control (lectura/escritura) se encargan de describir los datos que se van a almacenar en la tabla de información asociada (solo lectura).

La información aportada de la red local del paciente, sin entrar en su intimidad, sirve para proporcionar una mayor fiabilidad a los servicios de telemedicina, como puedan ser los de tiempo real con requisitos estrictos en retardos y ancho de banda, al avisar al paciente y proveedor de servicios que está ocurriendo algo en la red de su casa que imposibilita llevar a cabo esos servicios. Los proveedores de servicios de salud tendrán que establecer los procedimientos de actuación para dichos casos, ya que no se deben por un fallo en la red de la operadora sino por un uso inadecuado de la red doméstica.

#### **4.2.1.5.- SNMP en teleasistencia**

Aunque ya se han comentado algunos ejemplos práctico de uso de SNMP en telemedicina, hay diversos proyectos que hacen uso de SNMP para gestionar la información que se intercambian redes de sensores [IEEE402] [IEEE403]. Añadiendo la capacidad de ser agente SNMP a una mota que hace de frontera de la red, un PC u otro dispositivo es capaz de hacer de gestor y solicitar esa información en momentos específicos. Esto se apoya en la creación de un MIB específico para esa red de sensores (por ejemplo objetos para guardar temperaturas, información lumínica, etc.) y la creación de los eventos apropiados en caso de que requiera llamar la atención de un gestor (si la temperatura desciende de un mínimo, existe una humedad ambiental baja para un paciente que requiera un entorno con mayor humedad).



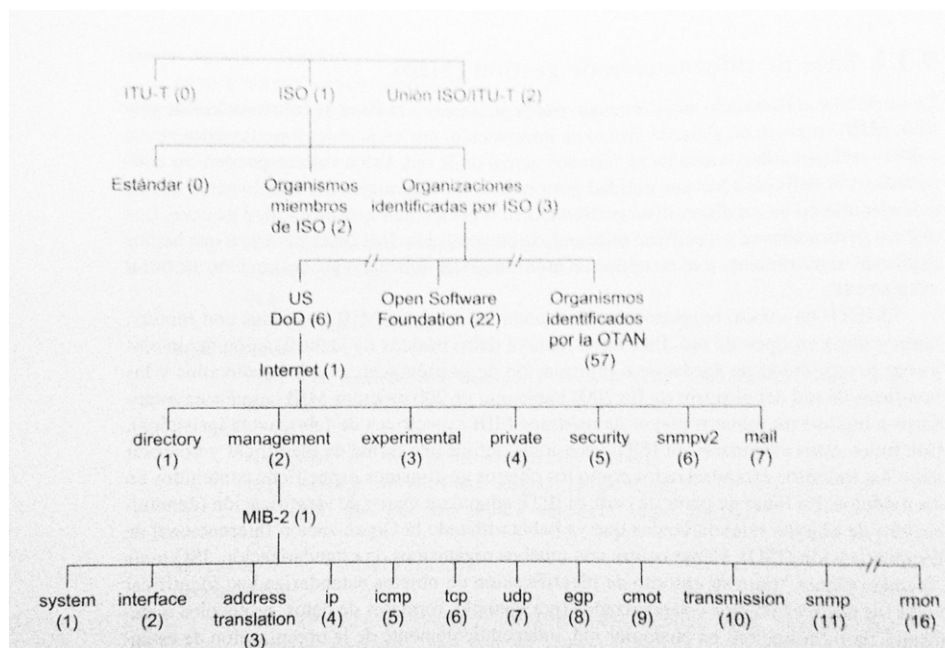


Figura 4.3: Ejemplo de jerarquía de MIBs de SNMP

La gestión de los equipos de red, lo que realmente nos importa a nivel técnico, mediante SNMP, está parcialmente estandarizado. Existen diversos parámetros que se encuentran incluidos en MIBs estandarizados [RedComp, pág. 750] y que facilita su implementación en los equipos de red así como su gestión por software *open source*. Están descritos en el [RFC 5000]. Puesto que MIB impone una jerarquía en forma de árbol, cada nodo tiene asignado un número específico, como se puede ver en la figura 4.3.

En el caso de la telemedicina, no hay ningún MIB estandarizado que incluya los parámetros típicos que faciliten la supervisión de las líneas. Así pues, para supervisar de manera correcta las condiciones de los equipos de red en casas de pacientes (los equipos terminales, según la terminología del documento E.800 de la ITU-T) tendríamos dos formas de tratar los MIB:

- Crear un nuevo MIB haciendo la recopilación de parámetros.
- Generar un listado de OIDs a supervisar según el tipo de acceso a red.

Desde el punto de vista de interoperabilidad, lo ideal sería que existiera un MIB común para teleasistencia en el que se establezcan los OIDs y el SMI. De esta forma, independientemente del router que hubiera que gestionar, sabríamos que siempre van a existir esos parámetros de supervisión. De otra forma, hay que consultar los manuales del fabricante para saber qué OIDs tenemos que supervisar en función del router. Estandarizar un MIB es una tarea más compleja, por lo que la solución más sencilla es realizar esto último.

A continuación se muestra un ejemplo de jerarquía de OID, con el valor de algunos parámetros que se

pueden recuperar de un router Cisco 6200. Se pueden consultar diversas bases de datos online de MIBs para seleccionar los valores como <http://www.snmpwalk.com/OnLineMIB/>.

























 c62LineInterface	1.3.6.1.4.1.9.10.26.1.4
 lineInterfaceTable	1.3.6.1.4.1.9.10.26.1.4.1
 lineInterfaceEntry	1.3.6.1.4.1.9.10.26.1.4.1.1
 lineAlarmLevel	1.3.6.1.4.1.9.10.26.1.4.1.1.1
 lineRateAlarm	1.3.6.1.4.1.9.10.26.1.4.1.1.10
 lineMode	1.3.6.1.4.1.9.10.26.1.4.1.1.11
 lineDMTDwnAttenuation	1.3.6.1.4.1.9.10.26.1.4.1.1.12
 lineDMTUpAttenuation	1.3.6.1.4.1.9.10.26.1.4.1.1.13
 lineDMTDwnLPR	1.3.6.1.4.1.9.10.26.1.4.1.1.14
 lineDMTUpLOS	1.3.6.1.4.1.9.10.26.1.4.1.1.15
 lineDMTUpLOF	1.3.6.1.4.1.9.10.26.1.4.1.1.16
 lineDMTLoopback	1.3.6.1.4.1.9.10.26.1.4.1.1.17
 lineDwnSNRMargin	1.3.6.1.4.1.9.10.26.1.4.1.1.2
 lineDwnLOCD	1.3.6.1.4.1.9.10.26.1.4.1.1.3
 lineDwnErrSecs	1.3.6.1.4.1.9.10.26.1.4.1.1.4
 lineDwnLineRate	1.3.6.1.4.1.9.10.26.1.4.1.1.5
 lineUpSNRMargin	1.3.6.1.4.1.9.10.26.1.4.1.1.6
 lineUpLOCD	1.3.6.1.4.1.9.10.26.1.4.1.1.7
 lineUpErrSecs	1.3.6.1.4.1.9.10.26.1.4.1.1.8
 lineUpLineRate	1.3.6.1.4.1.9.10.26.1.4.1.1.9
 linePerfTable	1.3.6.1.4.1.9.10.26.1.4.2
 linePerfEntry	1.3.6.1.4.1.9.10.26.1.4.2.1
 lineTxCellCount	1.3.6.1.4.1.9.10.26.1.4.2.1.1
 lineDMTDwnSEFCount	1.3.6.1.4.1.9.10.26.1.4.2.1.10

Figura 4.4: Ejemplo de OIDs extraídos del MIB del router Cisco 6200  
[<http://www.oidview.com/mibs/9/CISCO-6200-MIB.html>]

#### 4.2.1.6.- Supervisión de red en entornos móviles

Uno de los beneficios de la teleasistencia es permitir que los pacientes necesiten realizar menos desplazamientos a centros sanitarios para cuestiones básicas de su salud. Pero expuesto de otra forma, lo que se pretende es una menor dependencia de ellos. Por eso, proporcionar una mayor movilidad a pacientes que necesitan ser monitorizados a distancia también es una prioridad de la telemedicina.

Existen muchas razones médicas por las que un paciente necesite estar monitorizado las 24 horas del día, pero ello no implica que no pueda hacer una vida normal siempre que lleve los aparatos de supervisión encima. En estos casos lo que hay que garantizar es que los dispositivos que se usen para enviar periódicamente esta información funcionen correctamente. De esta forma los pacientes podrán hacer su vida normal, incluso dar paseos e ir a la compra, mientras se les tiene totalmente vigilados.

Para la supervisión del buen funcionamiento de estos equipos se puede crear un agente SNMP instalado en un teléfono Android, ideal para ello por su elevada cuota de mercado [AndSO] en el terreno de los smartphones y por ser un sistema operativo *open source*. Estableciendo una jerarquía de parámetros en un MIB y creando diversos eventos, el paciente podría estar seguro del buen funcionamiento de su

smartphone para este propósito [IEEE402] [IEEE403] [IEEE404].

Existen diversas librerías para Android, como SNMP4Android [Artful] (basado en SNMP4j), que permiten el desarrollo de aplicaciones que hagan de agente o gestor de equipos de una red mediante SNMP. Esto puede resultar muy interesante también para saber, desde el proveedor de servicios, y estableciendo una serie de reglas en su gestor SNMP, cuándo un paciente es posible que le acontezca algún suceso especial, como perder la cobertura, como veremos en el Capítulo 5. Pero también sirve para que se generen alarmas sobre unas constantes vitales erráticas mientras esté en la calle, y enviarle una ambulancia en caso de que el personal sanitario lo estime necesario, ya que contarían también con información de su posición proporcionada por el propio sistema operativo Android y sus servicios de geolocalización.

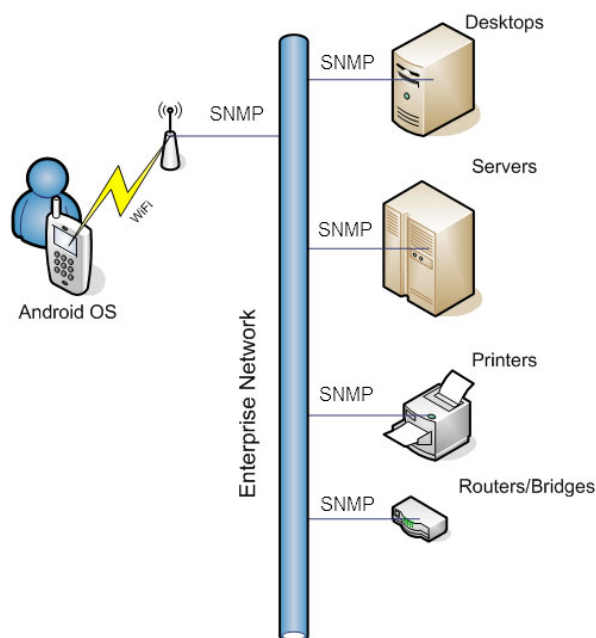


Figura 4.5: Ejemplo de red SNMP gestionada desde un smartphone Android [Artful].

#### 4.2.2.- Parámetros de supervisión para garantizar disponibilidad del acceso a red

La monitorización de los accesos a red que se realizará mediante SNMP tendrá que tener en cuenta una serie de parámetros de forma genérica, independientemente del tipo de servicio de teleasistencia que se vaya proporcionar al paciente. Con ellos se podrá proporcionar tanto QoS como asegurar la disponibilidad del acceso a red.

Para ver los parámetros que las aplicaciones que hagan de gestores deben recabar mediante SNMP se ha desarrollado la siguiente tabla con los accesos típicos que se ha visto en el Capítulo 3 que cumplen los criterios previos para garantizar calidad de servicio y que están disponibles ampliamente para el

hogar de un paciente.

Tipo de acceso	Parámetros
ADSL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad de sincronismo ascendente</li> <li>• Velocidad de sincronismo descendente</li> <li>• Relación señal/ruido</li> <li>• Atenuación</li> <li>• Potencia de la señal</li> <li>• Tasa de error de paquetes</li> <li>• Retardo medio de transferencia</li> </ul>
FTTX	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atenuación de la señal</li> <li>• Velocidad de línea</li> <li>• Potencia de la señal</li> <li>• Tasa de error de paquetes</li> <li>• Retardo medio de transferencia</li> </ul>
RDSI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad de línea</li> <li>• Ancho de banda</li> <li>• Tasa de bits</li> <li>• Tasa media de error de bit</li> <li>• Retardo de transmisión</li> </ul>
3G	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia de la señal recibida</li> <li>• EC/IO</li> </ul>

Tabla 4.2: Parámetros de estudio de los tipos de acceso

En el caso de las líneas RDSI y 3G, están pensadas para dar soporte como líneas de backup o, en el caso de 3G, para proporcionar movilidad al paciente de un servicio de teleasistencia básico, como pueda ser mantener monitorizadas sus constantes vitales en las que no se requiere ningún tipo de calidad de servicio específica. Para ello, se recomienda que el envío de información sobre 3G sea del tipo *store-and-forward* (diferido), que se podría lograr al capturar información, almacenarla, y enviarla sobre TCP/IP para asegurar que llega al destino sin errores ni modificaciones.

En el caso de RDSI, debido a lo limitado de su ancho de banda (64 ó 128 Kb), servirán idealmente para servicios *store-and-forward* o de generación de alarmas que no tengan una componente prioritaria. Por ejemplo, podría ser aceptable que, si se detecta la caída de un anciano en su casa, se pueda recibir la señal incluso con retardos que lleguen hasta los 5 ó 10 segundos. Pero también podrán ser utilizados

como línea principal en entornos rurales en los que no llegan otros servicios como ADSL.

Las líneas de backups no deberían ser utilizadas para servicios en tiempo real o interactivos por su baja idoneidad para ello al no poderse garantizar la calidad de experiencia, con lo que ello conlleva de cara al usuario.

### 4.2.3.- DSCP para garantizar calidad de servicio en telemedicina

En el capítulo 3 hemos visto los requisitos en forma de parámetros de los distintos tipos de servicios de telemedicina. Hemos tenido también en cuenta el factor de contexto de urgencia, que puede diferenciar la necesidad de una aplicación que podría ser llevada a cabo en diferido (sin necesidad de proporcionar QoS) a una que sea de aplicación interactiva (con necesidades estrictas de pérdidas) [SKARP]. El SAD debe ser capaz de controlar este tipo de marcado del tráfico Ethernet para que al llegar al router frontera del proveedor de red sea clasificado adecuadamente según el *DS code point* que le corresponda, de los 64 posibles valores de los seis bits de que se dispone en el campo de la cabecera ToS del protocolo IP.

#### 4.2.3.1.- Tipos de tráfico de aplicaciones

Como ya hemos comentado, en el RFC 4594 se describen 12 tipos de aplicaciones distintas que pueden hacer uso de Internet, divididas en dos tipos de tráfico: control y usuario. La clase de Control de red, junto con algunas otras, no deberían ser usadas por los usuarios de un servicio de telemedicina, y deberán ser descartados a su llegada al router frontera de la red principal.

A continuación vamos a resumir las posibles aplicaciones que caerían en cada clase de tráfico, y sus principales características [RFC 4594, págs. 26-48], y lo indicado en la columna *Traffic Characteristics* en la Figura 2 del mismo [RFC 4594, pág. 16].

- **Control de red:** se utiliza para enviar intercambiar información de control entre dispositivos de red (routers).
- **OAM:** esta clase es la recomendada para enviar información de administración y gestión, como la usada en SNMP, TFTP (*Trivial File Transfer Protocol*) o FTP (*File Transfer Protocol*).
- **Telefonía:** este servicio es utilizado para establecer comunicaciones de voz sobre IP (VoIP) y otros servicios de telefonía que usen la red IP, como módems y faxes.
- **Señalización:** está recomendada para señalización de aplicaciones cliente-servidor sensibles a retardos.
- **Conferencia multimedia:** en esta clase recaen las aplicaciones utilizadas para videoconferencias, como las basadas en el protocolos H.323.
- **Interactiva de tiempo real:** las aplicaciones que necesitan bajas pérdidas y jitter así como un retardo extremadamente bajo usan esta clase. Aquí entrarían los juegos online o aplicaciones de

videoconferencia de velocidad variable.

- **Streaming multimedia:** aplicaciones para ver streaming de vídeo o audio que permitan usar un búfer.
- **Retransmisión de vídeo:** los servicios de retransmisión de vídeo de manera unidireccional, como el emitido por cámaras de vigilancia.
- **Datos de baja latencia:** esta clase puede ser utilizada por las aplicaciones cliente-servidor que necesiten de rápida respuesta y que puedan negociar su velocidad, como en el caso de transacciones financieras.
- **Datos de alto ancho de banda:** este tipo de tráfico se limita a enviar grandes cantidades de información sin requisitos en la línea, y se realiza sobre el protocolo TCP. Todas las aplicaciones que tengan que enviar información en diferido podrían ser marcadas con este DSCP.
- **Estándar:** esta clase es la de por defecto, y se marcará con ella todo el tráfico que no llegue marcado con alguna otra clase, y se basaría en gestionar el tráfico en la modalidad *best-effort*.
- **Datos de baja prioridad:** este tipo de tráfico se envía sobre TCP/IP y por lo tanto establece sus propios mecanismos de control para el correcto envío y recepción de la información.

#### 4.2.3.2.- Asignación de DSCP por tipo de aplicación

El mismo RFC, tras realizar una clasificación por tipo de aplicaciones que van a ser clasificadas, aporta los requisitos de **tolerancia a pérdidas, retardo y jitter**, además de asignarles un DSCP recomendado:

Grupo	Nombre de clase	DSCP	Tol. a pérdidas	Tol. a retardo	Tol. a jitter	Comport. del flujo	Tam. paquete	Burst	Vel. TX
Control	Control de red	CS6	baja	baja	sí		Variable	Sí	
	Operaciones, administración y gestión (OAM)	CS2	baja	media	sí	Elástico / Inelástico	Variable		
Usuario	Telefonía	EF	muy baja	muy baja	muy baja	Inelástico	Fijo		Constante
	Señalización	CS5	baja	baja	sí	Inelástico	Variable	Sí	
	Conferencia multimedia	AF41 AF42 AF43	baja / media	muy baja	baja	Adaptación de la velocidad	Variable		
	Interactivas en tiempo real	CS4	baja	muy baja	baja	Inelástico			Variable
	Streaming	AF31	baja /	media	sí	Elástico	Variable		Variable

	multimedia	AF32 AF33	media						
	Retransmisión de vídeo	CS3	muy baja	media	baja	Elástico		No	Constante/ Variable
	Datos de bajo retardo	AF21 AF22 AF23	baja	baja / media	sí	Elástico		Sí	Variable
	Datos de alto ancho de banda	AF11 AF12 AF13	baja	media / alta	sí	Elástico		Sí	Variable
	Datos estándar	DF (CS0)	n/a	n/a	n/a	Elástico	n/a	n/a	n/a
	Datos de baja prioridad	CS1	alta	alta	sí	Elástico			

Tabla 4.3: Características de los tipos de servicios soportados por DiffServ

Un valor de “sí” en la tabla anterior en el apartado de jitter significa que en la aplicación usada existirá algún tipo de búfer, por lo que no influirá negativamente disponer de un jitter alto. El comportamiento del flujo elástico significa que se puede negociar su ancho de banda para ajustarlo a las necesidades del servicio, e inelástico lo contrario.

#### 4.2.3.3.- DSCP en entornos cableados

A continuación se propone un mapeo de servicios de telemedicina y teleasistencia según los expuestos en el capítulo 2, y teniendo en cuenta la clasificación según calidad de servicio de [SKARP] y la descripción de las clases del [RFC 4594] y [RFC 2597]. En las redes modernas se pueden crear alias de los *Class Selectors* de IP (CS0 a CS6) a alguna de las clases de AF, como se ve a continuación:

Clase	DSCP	Valor	Prob. de descarte	Descripción
BE (CS0)	000 000	0	alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tráfico y servicios que no caigan en los siguientes</li> </ul>
CS1	001 000	8	alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recuperar información sanitaria no interactiva</li> <li>Remapeado a AF1x.</li> </ul>
AF11 AF12 AF13	001 010 001 100 001 110	10 12 14	baja / media / alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Telediagnóstico en diferido</li> <li>Acceso a EHR en diferido</li> <li>Telemonitorización en diferido</li> </ul>
CS2	010 000	16	baja/media	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicaciones de gestión (SNMP) de red de telemedicina</li> <li>Remapeado a AF2x.</li> </ul>
AF21 AF22 AF23	010 010 010 100 010 110	18 20 22	baja / media / alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Telediagnóstico en tiempo real</li> <li>Acceso a EHR en tiempo real</li> <li>Transacciones administrativas y financieras</li> </ul>
CS3	011 000	24	baja	<ul style="list-style-type: none"> <li>Telemonitorización en tiempo real</li> </ul>

				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remapeado a AF3x.</li> </ul>
AF31 AF32 AF33	011 010 011 100 011 110	26 28 30	baja / media / alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Telemonitorización tiempo real en emergencia</li> <li>• Mensajería en tiempo real en emergencia</li> <li>• Streaming educación e investigación</li> </ul>
CS4	100 000	32	baja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acceso a EHR por emergencia</li> <li>• Remapeado a AF4x.</li> </ul>
AF41 AF42 AF43	100 010 100 100 100 110	34 36 38	baja / media / alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teleconsulta con vídeo en tiempo real</li> <li>• Servicios robóticos no invasivos</li> <li>• Teleconsulta interactiva para educación</li> </ul>
CS5	101 000	40	baja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Servicios robóticos invasivos</li> <li>• Remapeado a EF.</li> </ul>
EF	101 110	46	muy baja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teleconsulta con audio en tiempo real</li> <li>• Conversación para educación e investigación</li> </ul>
CS6	110 000	48	muy baja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esta clase <b>no</b> está disponible para el tráfico de usuario</li> </ul>

Tabla 4.4: DSCP para servicios de telemedicina basado en DiffServ

En ocasiones existe un remarcado de los paquetes que entran a la red del proveedor por un router frontera que clasifica los flujos de tráfico, y se recomienda que se realice de nuevo el cambio a su valor original en el router frontera de salida para que las aplicaciones del proveedor de servicios de salud puedan funcionar correctamente [IEEE07].

En España, Telefónica y Ono tienen un marcado en su red de la calidad de servicio propia, y por tanto tendrán que realizar la traducción de esta tabla a la que utilizan en su red principal que se encuentra en la Tabla 3.15, respetando los requisitos de jitter, pérdidas y retardo según lo descrito en el RFC 2474, RFC 2475 y RFC 4594.

#### 4.2.3.4.- DSCP en redes móviles

Existe también un trabajo relacionado de la Universidad Politécnica de Madrid [UPM01] que propone una clasificación de DSCP determinada para los servicios de teleasistencia, siguiendo las recomendaciones de clases de servicio del *3rd Generation Partnership Project* (3GPP) para UMTS (conversación, streaming, interactivo y background, que indican de mayor a menor lo crítico que es el retardo para ellas) y lo detallado en el RFC 2474-5. Es la siguiente:

Clases de QoS	Administración médica	Soporte médico	Educación médica
Tiempo real	Teleurgencia 00 1101	Televisita 01 1101	
Streaming		Teleconsulta 01 0101	Telerahabilitación 10 0101



Interactivo	Cita <i>online</i> 00 1001	Telemonitorización 01 1001	Telecuidados 10 1001
Respaldo	Almacenamiento del EHR 00 0001	Actualización del EHR 01 0001	

*Tabla 4.5: DSCP para servicios de teleasistencia*

Los dos bits superiores indican el tipo de servicio de teleasistencia, y los cuatro últimos indican el tipo de QoS de las indicadas por el 3GPP.

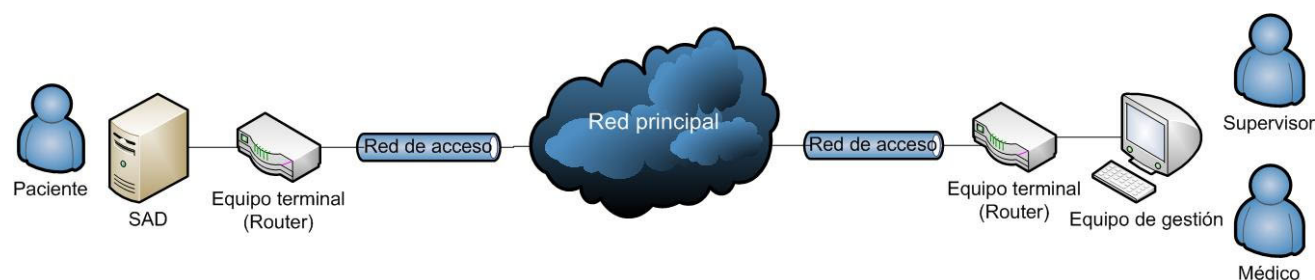
## 4.3.- Modelo de supervisión de enlaces de teleasistencia

Para poder asegurar la calidad de servicio en los accesos a red de telemedicina, vamos a establecer un modelo en el que tengamos en cuenta los distintos elementos que intervienen, definiendo su comportamiento deseado, y su manera de relacionarse entre ellos, según lo que ya hemos visto en este y capítulos anteriores.

Esta supervisión del acceso a red desde el hogar de un paciente permitirá resolver varios de los problemas de un servicio de telemedicina de cara a los que intervienen en su gestión. Por un lado, los proveedores de servicio pueden crear diversos protocolos de actuación en caso de caída, como por ejemplo llamar al paciente inmediatamente en caso de caída, permitirá aportar confianza en que hay un equipo vigilando que todo funcione correctamente.

También podrán vigilar el cumplimiento de los SLAs contratados con el proveedor de red, lo que redundará en la mejora de la calidad de la línea.

### 4.3.1.- Descripción general del modelo de teleasistencia



*Figura 4.6: Modelo para asegurar la prestación de un servicio de teleasistencia*

El esquema anterior muestra un ejemplo de red típica que estamos habituados de ver con todos los elementos que se definen en el protocolo E.800 de la ITU-T: equipos terminales (routers), usuarios (paciente y médico), red principal y redes de acceso.

Un paciente en su hogar dispondrá de un router que dispondrá de un agente SNMP con el que proporcionar información sobre el estado de la línea y del propio router. El SAD (Sistema de Atención Domiciliaria) hará de gestor, y será capaz de mostrar localmente información sobre el funcionamiento del router y de la línea.

El proveedor de red también dispondrá de un gestor en alguna parte de su red para comprobar este y otros equipos que requieran asegurar ciertas calidades de servicio y poder asegurar tanto al proveedor de red como al paciente que la línea funciona correctamente. Sólo se encargará de asegurar la calidad de los parámetros de línea relacionados con la calidad de servicio.

El proveedor de servicios de salud deberá disponer en sus instalaciones de equipos que hagan de gestor de los routers de los pacientes, y que genere alarmas si alguno de los parámetros de los mismos se deteriora. Su red de acceso también deberá permitir garantizar QoS en las comunicaciones, así como establecimiento de conexiones seguras en caso de ser necesario para el servicio. En caso de emergencia, podrá avisar al cuidador informal que esté asignado al paciente (ya sea un familiar, servicios sociales, etc.). Puesto que cuenta con su propio personal y con la información completa del servicio/s de telemedicina proporcionados al paciente, es el único apto para establecer la supervisión total del enlace, lo que incluye la supervisión del buen funcionamiento y salud del equipamiento (routers, sensores, SAD), una labor que también sale más barata si no hay que subcontratarla al proveedor de red.

Los médicos y personal sanitario también debe poder ver de alguna forma a la información del estado de línea en caso de que lo necesite para el servicio que están prestando al paciente. Esto puede ser concertar una videoconferencia con el paciente en el momento de mayor estabilidad del enlace en cuanto a parámetros de línea, o cuando deba capturar información médica de manera remota del SAD.

La siguiente tabla muestra algunas de las tareas asignadas a cada actor para minimizar costes en la prestación del servicio.

Actor	Tarea
Proveedor de red	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Red de acceso</li> <li>● Proporcionar servicio de QoS según las necesidades del servicio/s de teleasistencia necesarios para el paciente</li> <li>● Supervisión de parámetros de QoS en su lado de la red</li> </ul>
Proveedor de servicios de salud	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Equipamiento necesario para el servicio/s de teleasistencia (SAD, líneas de backup, software, hardware, etc.)</li> <li>● Contratación y supervisión del cumplimiento de QoS con el operador de red</li> <li>● Mantenimiento de los equipos de red</li> <li>● Mantenimiento del SAD y equipos médicos</li> <li>● Supervisión del servicio/s de teleasistencia</li> <li>● Personal técnico formado en los específicos de la teleasistencia</li> <li>● Personal sanitario formado en los específicos de la teleasistencia</li> </ul>
Paciente	<ul style="list-style-type: none"> <li>● En caso de disponer de una línea a Internet para otros usos, se reutilizará para los servicios de teleasistencia.</li> </ul>

*Tabla 4.6: Resumen de necesidades de los actores*

### 4.3.2.- Equipo terminal

El equipo terminal en casa del paciente se tratará de un router para ADSL, cable o fibra óptica, pudiéndose reutilizar el que ya tenga contratado con su proveedor de acceso a Internet. La negociación de los parámetros de calidad de servicio la tendrá que realizar su proveedor de servicios de salud en su nombre. En los países europeos, será por lo general la sanidad pública o el seguro del paciente el que se haga cargo del gasto de mantenimiento de la línea y de la garantía de QoS.

#### 4.3.2.1.- Alarmas y eventos

Este router tendrá que poder usarse como agente de SNMP, y poder monitorizar los parámetros de línea vistos en el apartado 4.2.4. Existen routers baratos que lo permiten, y el proveedor de servicios de salud se tendrá que encargar de la instalación del equipo o su reconfiguración.

Además, se establecerán una serie de eventos y alarmas que tendrá que emitir a los gestores para que se puedan tomar las medidas oportunas para asegurar su funcionamiento, por lo que se propone una clasificación de niveles de alerta que dependerá del servicio de telemedicina para el que se quiera usar el enlace. Esto se tendrá que realizar en la especificación del tipo de servicio de telemedicina que realice el proveedor de servicios de salud, con las herramientas que utilice para ello.

Nivel	Descripción
Bajo	<p>Este tipo de alarmas tendrán lugar cuando el equipo terminal experimente algún desvío atípico de sus parámetros de funcionamiento, pero no implica nada grave. Son alarmas proactivas, ya que en la mayoría de los casos no se les prestará atención si no hay más parámetros anormales.</p> <p><b>Ejemplo:</b> si en los últimos siete días la relación señal/ruido de un router ADSL ha sido de 15 dB, un desvío 5 dBs hacia arriba durante unas horas podría generar una de estas alarmas.</p> <p><b>Implicados:</b> proveedor de servicios de salud.</p>
Medio	<p>Este tipo de alarmas necesitarán ser atendidas por el proveedor de servicios en un tiempo razonable, aunque carecen de prioridad, ya que en un futuro cercano podrían llevar a un impacto negativo en la prestación del servicio/s. Se trataría de realizar una intervención proactiva para asegurar que todo funciona correctamente, o tomar las medidas oportunas en caso de que se estime que no es así. Son alarmas proactivas.</p>

	<p><b>Ejemplo:</b> una desviación de varios parámetros de línea, un aumento pronunciado en el uso de la CPU o memoria del router, o un aumento pronunciado del jitter o retardo.</p> <p><b>Implicados:</b> proveedor de servicios de salud, proveedor de red.</p>
Alto	<p>Las alarmas de esta prioridad son generados por acontecimientos que requieren la atención inmediata por parte del proveedor de red y proveedor de servicios. Son alarmas reactivas.</p> <p><b>Ejemplo:</b> una caída de la conexión principal (una línea cortada por obras, un apagón en la zona, etc.) puede llevar al aviso mediante el backup al proveedor de servicios y/o el SAD de que ha ocurrido un problema, aunque seguramente ya les haya avisado su sistema de monitorización.</p> <p><b>Implicados:</b> proveedor de servicios de salud, proveedor de red, paciente, cuidador informal.</p>

Tabla 4.7: Sugerencia de clasificación de alarmas para telemedicina

Estas alarmas pueden ser utilizados por los técnicos del proveedor de red junto con el personal sanitario para saber si hay posibilidades de que se reciban mal datos médicos (como electrocardiogramas), concertar citas para teleconferencias en horarios de mayor idoneidad. Estos niveles de alarmas también se puede utilizar en telemedicina en general, y podrían servir para saber si es recomendable aplazar una telecirugía.

Además, debido al carácter proactivo de la supervisión de la línea, también puede proporcionar tranquilidad tanto al paciente como a los cuidadores informales. Esto, por supuesto, no sirve de nada si el proveedor de red no reacciona a tiempo para solventar las posibles incidencias y reforzar así la confianza de los pacientes en el servicio de teleasistencia.

#### 4.3.2.2.- Equipos de monitorización del proveedor de servicios

Debido a las características específicas de los servicios de telemedicina, se recomienda que todos los equipos que el proveedor de servicios de telemedicina utilice para supervisar los equipos en los domicilios de los pacientes utilicen software *open source* (como la aplicación Nagios u OpenNMS). Por una parte, esto permitirá reducir costes en el despliegue y crear soluciones fácilmente escalables. Tampoco se dependerá en muchas ocasiones de pagar a una compañía la creación de un módulo adicional para interoperar entre sistemas.

Los equipos a monitorizar no solamente van a incluir los routers, sino también otros equipos como el SAD o smartphones. En el caso de un servicio de teleasistencia en domicilio del paciente, la supervisión podría realizarse de dos formas:

- Consultando directamente los parámetros del router mediante SNMP.
- Permitiendo que el SAD recopile toda la información y la ponga a disposición de la red de monitorización como agente SNMP.

La ventaja de la segunda opción es que el proveedor de servicios dispondría de una visión más global del estado de funcionamiento del servicio de teleasistencia y estaría más preparado para hacer frente a eventualidades, ya sean de nivel técnico o que impliquen la salud del paciente.

La ventaja de la primera opción es que es un acercamiento de menor coste para el proveedor de servicios de salud, que no necesita añadir a la arquitectura del servicio un SAD. En un sistema básico de telemonitorización o telealarma, por su sencillez, no será necesario un SAD, mientras que en otros que tengan que dar soporte a varios servicios en un mismo domicilio, sería más recomendable obtener la información directamente del agente SNMP del SAD.

### **4.3.3.- Sistema de Atención Domiciliaria**

Cuando se requiera proporcionar servicios de teleasistencia medianamente complejos (por ejemplo, que lleve el control de una red de sensores, y no solamente enviar una señal de emergencia si el paciente pulsa un botón), se precisará de un SAD que pueda ser capaz de asegurar varias cosas: toma de decisiones, transmisión de información al proveedor de servicio, y marcado de tráfico, entre otras tareas.

Eso en muchos casos se puede asegurar con sistemas operativos como Linux y aplicaciones *open source* (una necesidad crítica para el éxito de los sistemas de telemedicina).

#### **4.3.3.1.- Toma de decisiones**

Los especialistas médicos y otro personal experto proporcionan información sobre la forma de actuar en diversas situaciones problemáticas para el paciente, como por ejemplo que una persona mayor se caiga en su casa, que debido a su edad puede acarrear graves consecuencias [IEEE08]. Esa ontología (persona, localización, servicios, problemas, etc.) generada de la información se transforma en una representación con OWL (lenguaje de la web semántica).

Posteriormente, en base a la información captada de sensores u otros parámetros que se estime oportunos (como que sea de noche, momento en el que estadísticamente suele haber más accidentes en la tercera edad), el módulo infiere de la ontología las acciones a seguir.

#### **4.3.3.2.- Intercambio de información**

Los servicios que estén sustentados por el SAD deberán poder comunicarse con los servidores de servicios de salud a nivel de aplicación además de línea. Esa información deberá tener una prioridad según su cometido (telemonitorización en diferido, telemonitorización en tiempo real, teleconsulta, etc.) para que pueda ser atendida por el personal sanitario del proveedor de servicios de salud en función a su gravedad.

Además, como hemos explicado al detallar el papel de los equipos de monitorización del proveedor de servicios (apartado 4.3.2.2), puede ser también utilizado como agente SNMP para proporcionar información fiable sobre el estado exacto de la red del servicio de teleasistencia (paciente, red de acceso, equipos implicados, etc.).

#### **4.3.3.3.- Marcado de tráfico**

Todos los flujos de tráfico que tengan lugar dentro de la red del domicilio del paciente será marcado de acuerdo con sus características en base a la tabla de marcado DiffServ del apartado 4.2.4.1.- *DSCP en servicios de telemedicina*. Dentro de la red del proveedor se encola el tráfico según este parámetro para asegurar QoS. El tráfico procedente de los equipos no relacionados con los servicios de teleasistencia se marcarán como Best-Effort.

Para ello se puede utilizar herramientas como Iproute2 incluido en las versiones modernas de Debian (una distribución de Linux) [LinAdR]. Además de clasificar el tráfico por QoS de los equipos conectados que hagan uso de la red de acceso, también es capaz de hacer NAT (*Network Address Translation*, cambiar la dirección de la red local de un equipo por una externa) e incluso establecer túneles, y marcado RSVP y DiffServ.

#### **4.3.3.4.- Seguridad**

La seguridad en un sistema de teleasistencia es fundamental. No ya por la información privada que circula entre paciente y médico, sino también para poder asegurar que sólo el hogar del paciente está haciendo uso de su red.

Las conexiones inalámbricas suelen ser más inseguras en cuanto a que la información que se envía y recibe entre router y equipo puede ser supervisada si se dispone de la clave de acceso a la red. Por ello, toda la información propensa a ser encriptada (como por ejemplo el historial de un paciente) debe serlo mediante las técnicas recomendadas para este tipo de datos.

Además, no es extraño que las redes WiFi sean *hackeadas*, obteniendo la clave de acceso y pudiendo el atacante utilizar la red para sus propios propósitos que, en caso de que sean sobre todo descarga de

archivos ilegalmente, puede ocupar todo el ancho de banda de la línea, tanto de subida como de bajada. Esto repercute directamente en los servicios en tiempo real, que se podrían dejar de prestar adecuadamente.

Por eso también la supervisión del canal y de los equipos mediante SNMP permite detectar este tipo de usos rápidamente al haber establecido los eventos apropiados sobre uso del canal. Así pues, en lo referente a seguridad, el SAD debe asumir:

- Establecer comunicaciones encriptadas con los equipos que se encuentren dentro del hogar para aquellos que se estime necesarios: una telealarma o un dato de un sensor de temperatura puede parecer a priori innecesarios de encriptar, pero una videoconferencia o el envío de información médica del paciente puede ser susceptible de encriptarse.
- Monitorizar intentos de acceso indebidos al router o a la red WiFi.
- Creación de túneles IPSec para los servicios de telemedicina que lo necesiten. Esto precisará de una versión del núcleo de Linux compilada con alguna librería IPSec (como OpenSwan). Es útil para crear redes VPN y asegurar la encriptación de la información. El establecimiento de un túnel IPSec requiere de la autenticación previa entre dos máquinas mediante clave pública antes de enviar la información encriptada a través del túnel creado [LinuxAdm, pág. 709].

#### 4.3.4.- Red de acceso

Según las necesidades de envío de tráfico del servicio de teleasistencia (y teniendo en cuenta los criterios económicos y de amplia disponibilidad que se han impuesto), la red de acceso podrá ser:

Servicio	Red de acceso
Videoconferencia	ADSL, FTTX
Aplicación interactiva	ADSL, FTTX
Store-and-forward	ADSL, FTTX, RDSI, 3G
Backup	RDSI, 3G

*Tabla 4.8: Tipos de redes de acceso apropiados para los tipos de servicios de teleasistencia*

El proceso de clasificado del tráfico en la red principal del proveedor de red seguirá un procedimiento en tres pasos [ComRed] para asegurar la calidad de servicio (QoS) una vez lleguen los paquetes al router frontera:

- **Clasificación de los paquetes:** son clasificados de acuerdo con el DSCP con que llegan. En algunas situaciones tendrán que establecerse traducciones de DSCP de las recomendadas para



telemedicina a las que utilice la operadora en su red principal, o habrá que realizar también esas traducciones de DSCP cuando el origen y destino de un paquete tenga que atravesar redes de distintos proveedores de red que utilicen distintas formas de clasificar el tráfico.

- **Encolar el tráfico:** una vez que un flujo de tráfico ha sido clasificado, será puesto en una cola de espera hasta que sea tratado. La cola recibirá distinto grado de atención según la prioridad que tenga, pero asegurando que ninguna de las colas es dejada sin tratar.
- **Acondicionamiento del tráfico (*shaping/policing*):** una vez clasificados los flujos, un router de área se encarga de realizar la separación y programar el envío de paquetes en una cantidad menor de clases, como puedan ser tiempo real (RT), no tiempo real (NRT) y *best effort*, para su circulación a través de la red troncal del proveedor. El tráfico que supere las características del perfil de tráfico contratado (como el ancho de banda de la línea) es marcado como “fuera de perfil” o descartado [GSyC, pág. 10].

Establecemos dos grupos de parámetros de línea a monitorear para asegurar la calidad de servicio a la entrada del router frontera:

- **Grupo de servicio:** dependen del tipo de servicio o servicios a proporcionar al usuario final, y se tendrá que definir claramente en la especificación del servicio de telemedicina que realice el proveedor de servicios de salud. Los valores mínimos o máximos de jitter, retardo, pérdidas y ancho de banda están descritos en la Tabla 3.11 (pág. 88).
- **Grupo de acceso:** son los parámetros que aseguran la calidad de la conexión vistos en el apartado 4.2.4.- *Parámetros de supervisión para garantizar la disponibilidad del acceso a red*.

Además hay un grupo adicional que también habrá que monitorizar aunque no esté directamente relacionado con los parámetros de línea:

- **Grupo de dispositivo:** también tendremos que supervisar diversos parámetros del propio equipo. Dependerá en gran medida del tipo de dispositivo a supervisar, del modelo y del fabricante. Por ejemplo, en algunos casos Cisco proporciona en sus MIBs los siguientes objetos que controlan temperaturas, fuente de alimentación, ventiladores, estado de los puertos, etc. También se puede incluir aquí al propio SAD, que puede actuar igualmente de agente SNMP y contaría con información importante a aportar el estado de la batería (si utilizamos un portátil como SAD).

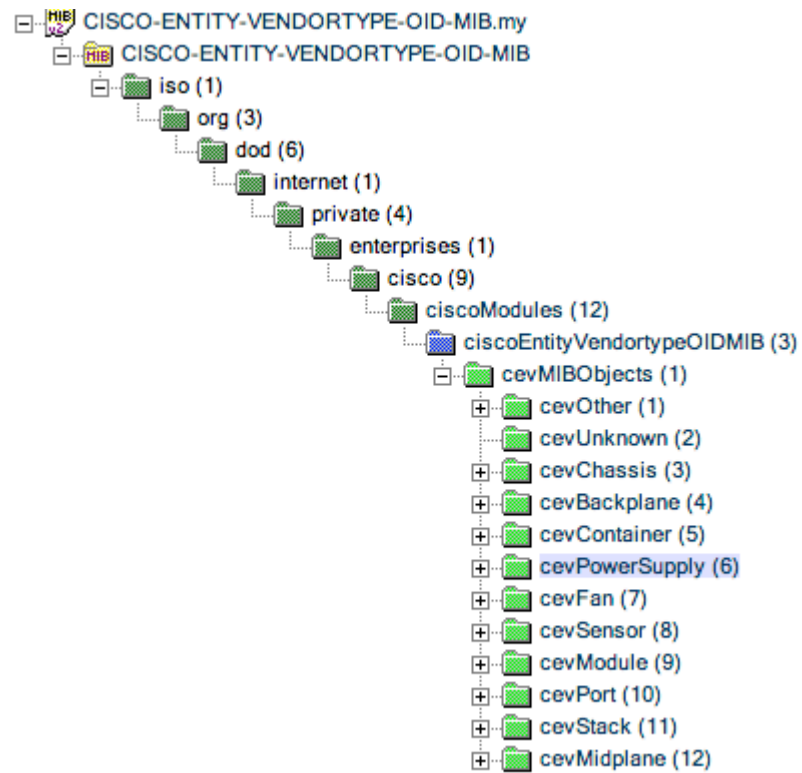


Figura 4.7: Ejemplo de OIDs para supervisión de la salud de equipos Cisco.  
<http://www.snmpLink.org/OnLineMIB/Cisco/>

## Capítulo 5

### *Modelo de previsión de caídas de la conexión*

---

Una vez que hemos estudiado la forma de asegurar la supervisión de la red de acceso así como la calidad de servicio (QoS) de los servicios de teleasistencia a los que tienen que dar soporte, vamos a establecer un modelo que nos sirva para prever una posible caída de la línea principal.

Para ello definiremos un módulo que deberá estar instalado en el sistema de atención domiciliaria (SAD) y que incluirá toda la lógica necesaria para poder tomar una decisión sobre si una línea está estable o no, cómo decidir si tiene que activar una línea de respaldo o avisar al proveedor de servicios de salud sobre una inminente caída de la conexión.

Hay que tener en cuenta que, aunque el proveedor de red pudiera supervisar la situación del router, puesto que no posee información adicional del entorno del mismo (tiempo de la zona, el paciente está en casa o no, horas del día en el que es más importante que la línea esté lo más estable posible, necesidad de sensores biométricos de enviar en breve datos importantes del paciente, etc.), una solución vista desde el punto de vista del proveedor de red no es relevante.

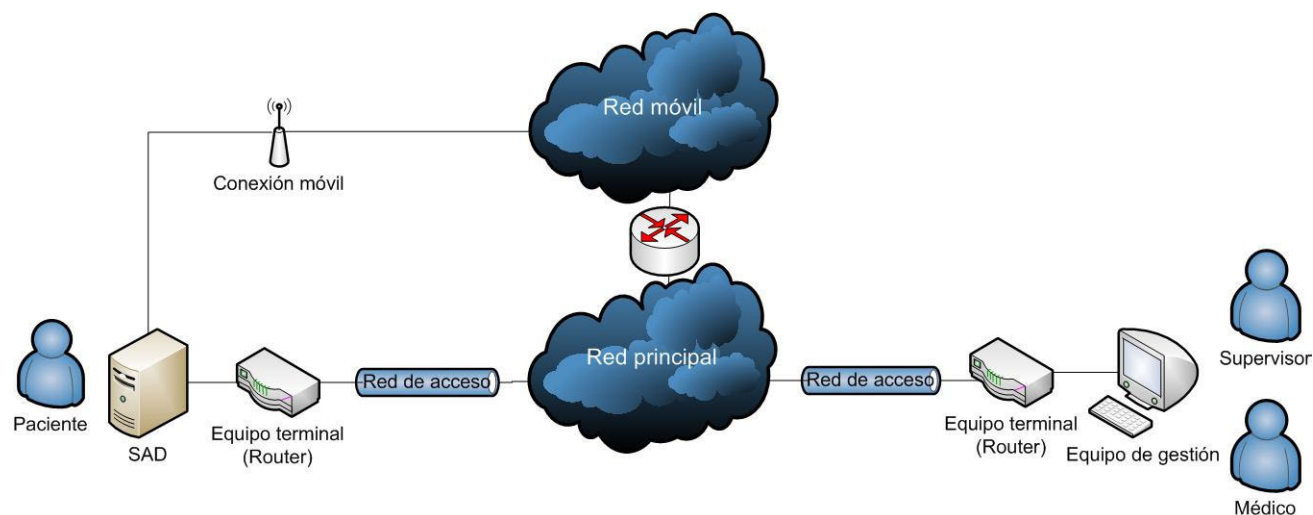
El proveedor de servicios de salud puede gestionar una línea ADSL para un paciente, y solo es necesario que el proveedor de red asegure la QoS que se contrate en su lado de la red. La red del paciente es supervisada por el SAD y el proveedor de servicios de salud, ya que las decisiones de este último pueden pasar por informar al proveedor de red de incumplimientos de QoS o enviar personal médico al hogar del paciente.

Puesto que se trata de un módulo de toma de decisiones, se puede obtener beneficios de reducir costes al no necesitar contratar el servicio de supervisión de routers al proveedor de red, cuyos operadores simplemente comprueban las alarmas en las líneas y actúan según sus protocolos. Con este módulo de previsión de caídas, los protocolos de actuación entrarán de forma automática, y se reduce la intervención humana durante la generación y tratamiento de las alarmas.

## 5.1.- Modelo de previsión de caídas en la red de acceso

### 5.1.1.- Descripción general del modelo

Por lo general, los elementos implicados en un servicio de teleasistencia, y ya vistos en el capítulo 2, son los que se muestran en la siguiente figura:



*Figura 5.1: Modelo general de red sobre el que asegurar la previsión de caídas*

El modelo de previsión de caídas planteado no tiene porqué incluir una línea de respaldo aunque se refleje en el esquema anterior. Habrá situaciones en las que no será posible dar ese servicio, pero en esos casos se podrán tomar algunas alternativas que podrían servir para ello, sobre todo en entornos de teleasistencia ambulatoria o ubicua. Un ejemplo de esto sería si un paciente se queda sin cobertura 3G y se necesitan enviar datos biométricos suyos al proveedor de servicios de salud, se podrían enviar simplemente mediante un mensaje SMS, o un mensaje SMS para avisar de que no se podrán enviar los datos hasta que se recupere la cobertura.

#### 5.1.1.1.- Módulo de previsión de caída de la conexión

La previsión de caída de la conexión va a depender de la red de acceso que estemos utilizando, así como del servicio de telemedicina al que necesitemos dar soporte. La decisión de previsión de caída de la conexión va a consistir en un módulo de razonamiento instalado en el SAD o equivalente (como por ejemplo un teléfono móvil), puesto que ya controla el tráfico de teleasistencia desde y hacia el proveedor de servicios de salud así como de comprobar que la línea esté en un buen estado.

El funcionamiento de ese módulo, al que vamos a llamar **PrevCaída**, podría seguir de forma básica lo indicado en el siguiente diagrama de flujo.

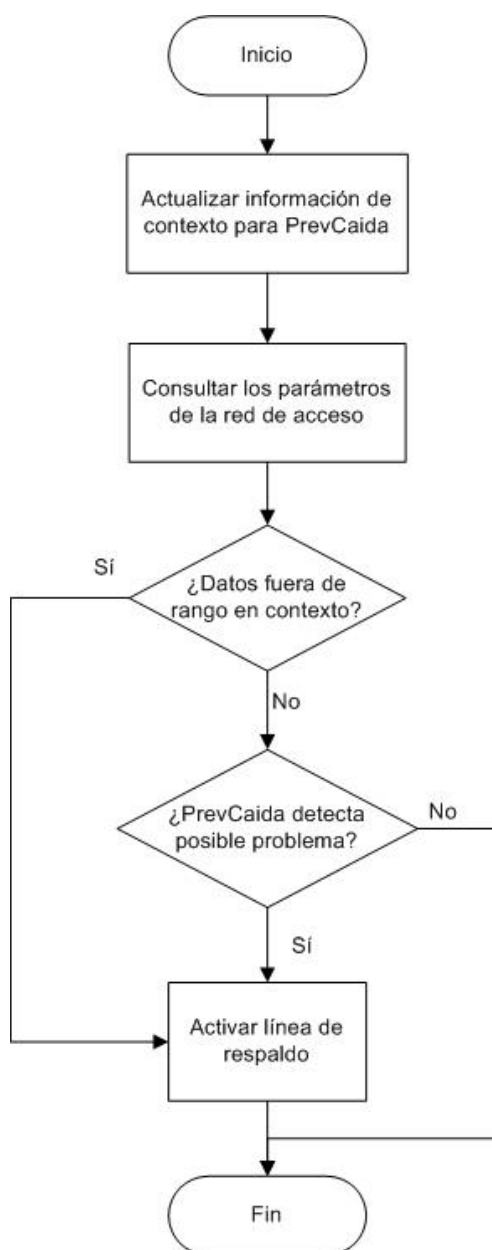


Figura 5.2: Toma de decisión genérica de previsión de caída

Antes de tomar cualquier tipo de decisión sobre si se está prestando correctamente el servicio de telemedicina, tendrá que actualizar la información de contexto (1), que tendrá en cuenta parámetros variados como puedan ser los ambientales y otros indicados en las ontologías médicas que describan el servicio de telemedicina. En esas ontologías deben estar especificados parámetros como en qué momento del día es más probable que la dolencia del paciente se agrave, si se acerca algún tipo de interacción programada en tiempo real (telemonitorización en tiempo real cada un determinado número de horas), etc.

No todos esos parámetros tienen por qué ser actualizados continuamente, ya que por ejemplo la actualización del historial del paciente (una subida o bajada reciente de una medicación) podría ser

realizada cada hora por el proveedor de servicios de salud directamente, por el médico, o por quien se estime oportuno para el servicio de telemedicina. Otros pueden estar siendo actualizados constantemente por los propios aparatos de medida, como pueda ser la temperatura ambiente o humedad relativa, y por lo tanto el módulo PrevCaída sólo tendrá que consultarlos.

Una vez establecido el contexto, incluido si hay una situación de emergencia en el estado de salud del paciente, PrevCaída comprobará como gestor SNMP (2) las condiciones del sistema de transmisión de la línea principal de acceso y aquellos dispositivos de los que esté encargado de supervisar.

Existirá un algoritmo que indique si esos primeros datos están fuera de rango (3), y de ser así se activará el protocolo de actuación de previsión de caída, el cual describiremos más adelante. Si no hay posibilidad de caída debido exclusivamente a los parámetros de línea, se cruzarán con los datos del contexto (4), y en caso de previsión de caída, se activará igualmente el protocolo de actuación de previsión de caída.

Del esquema básico detallado anteriormente, tendremos que especificar según la red de acceso y de los equipos implicados el razonamiento lógico para evaluar si hay una posibilidad de caída. Tampoco en todos los escenarios esto va a implicar el levantar una línea de backup, ya que si el paciente está siendo telemonitorizado cuando está fuera del centro sanitario o de su hogar no siempre va a ser posible. Se pueden encontrar ejemplos más detallados de esto en los casos de estudio que veremos en los apartados 5.3 (telemonitorización domiciliaria) y 5.4 (telemonitorización ambulatoria).

#### **5.1.1.2.- Algoritmo de previsión de caída (PrevCaída)**

El algoritmo de previsión de caída debe tener a su disposición toda la información necesaria como hemos indicado anteriormente, y que deberá incluir cosas como:

- Datos de los sensores del paciente.
- Datos de línea.
- Datos del estado del router o equipos de transmisión a la red o redes de acceso.
- Datos estadísticos de caídas de la conexión.
- Datos estadísticos sobre épocas del año más propensas a tormentas y otras condiciones medioambientales que puedan afectar al buen funcionamiento de la línea.
- Protocolos de actuación para empeoramiento de la salud del paciente.
- Tipo de servicio o servicios de telemedicina al que se da soporte.

Parte de esa información estará proporcionada como una ontología médica que permita al módulo PrevCaída establecer la mejor forma de actuar en cada situación después de analizar toda la información

a la que tiene acceso.

Es importante disponer de la información de contexto (hora del día, mes del año, etc.) ya que ese algoritmo debe funcionar de forma objetiva y la mejor forma de hacerlo es manejar probabilidades de fallo. Por ejemplo, si en verano hay más posibilidades en una zona de tormentas eléctricas que puedan afectar al servicio, y además se están recibiendo unos parámetros de línea degradados, quizás en otra época del año no supondría activar el protocolo de previsión de caída, pero en verano sí lo hará.

### 5.1.1.3.- Protocolo de actuación de previsión de caída

En caso de que se prevea una caída de la conexión principal, habrá que establecer una forma de actuar. Lo primero será informar al proveedor de servicios de salud de la posible caída de la conexión, junto con los motivos, que como ya hemos dicho pueden no incluir sólo malos parámetros de línea, sino que debido al estado del paciente, condiciones ambientales, etc., y/o a esos parámetros de línea en degradación, se estima necesario activar el protocolo de previsión de caída. Toda esa información le será remitida mediante un servicio de telealarma, que remitirá toda la información recopilada de manera abreviada para que ocupe poco ancho de banda, asegurándose de que llegue correctamente. Los DSCP propuestos para esto serán:

- *Señalización:* AF3x.
- *Datos:* AF2x.

Puesto que se trata de una previsión de caída, es posible que tanto el operador de red como el proveedor de servicios de salud no hayan detectado nada todavía al no disponer de acceso a toda la información de contexto del paciente.

En gran medida, la forma de actuar a continuación dependerá sobre todo del tipo de red acceso que estemos utilizando y si disponen de línea de backup o no.

- **Con backup:** normalmente todos los servicios de telemedicina de importancia (como los de telemonitorización, pero no los de teleeducación) necesitarán contar con una línea de respaldo. En este caso, se levantará la conexión secundaria y se empezará a cursar el tráfico (si se estima necesario en el protocolo de actuación decidido por el SAD) de los servicios por dicha línea sin que ello afecte al funcionamiento normal del servicio. Posiblemente no se pueda utilizar para todos los servicios (como por ejemplo una videoconferencia), pero esa decisión podrá ser evaluada por el proveedor de servicios para actuar según se estime oportuno. La cantidad de escenarios en telemedicina es tan elevada que tendrá que establecerse la forma de actuar caso por caso.
- **Sin backup:** si no se dispone de una línea de backup, el proveedor de servicios estará

notificado de que puede producirse una caída y los motivos. Por ejemplo, en un sistema de movilidad puede ser simplemente que vaya a perder la cobertura, o que la línea de datos (3G/LTE) del móvil vaya a dejar de funcionar por mala cobertura y se pase a usar la conexión principal GPRS para notificar el estado del paciente. Aunque no haya línea de backup, existen otras opciones en este escenario, como por ejemplo enviar datos de telemonitorización como mensaje SMS o intentar conectarse a alguna red WiFi pública en las cercanías (p.e. cuando el paciente esté de visita en su centro ambulatorio).

También se tendrán que establecer las condiciones para avisar a los cuidadores informales y a los propios pacientes. Puesto que es un servicio preventivo y que lo que intentamos es dar un servicio continuado de búsqueda proactiva de posibles problemas que afecten a la línea del servicio de telemedicina, en muchos casos no habrá que notificarles de que ha pasado algo ya que será totalmente transparente para ellos.

Tampoco significa que el proveedor de servicios de salud o el proveedor de red deban tomar ninguna acción para solventar el levantamiento de la línea de respaldo: si se ha tomado la decisión por malas condiciones climatológicas, la línea principal volverá a activarse cuando se solventa la situación de contexto.



## 5.2.- Casos de estudio

A lo largo del capítulo 4 hemos visto la forma de asegurar técnicamente la estabilidad de un enlace de teleasistencia entre proveedor de red y casa de paciente. Hemos establecido un modelo general de servicio de telemedicina indicando ciertos elementos técnicos a tener en cuenta a la hora de desplegar el servicio, que vamos a particularizar para los escenarios planteados en el apartado 2.8.

### 5.2.1.- Metodología utilizada

Para realizar el estudio de los escenarios se ha utilizado la siguiente metodología:

- *Establecer las necesidades del paciente:* primero estableceremos, según lo descrito en el capítulo 2, las necesidades de fiabilidad, confidencialidad, velocidad, etc., relacionadas con los servicios de teleasistencia que se van a proporcionar al paciente. Esto nos va a dar una serie de características técnicas de la línea que podremos traducir posteriormente en parámetros.
- *Establecer el proveedor de red más adecuado para el servicio:* tras analizar las necesidades técnicas de los servicios a prestar (límites máximos y mínimos de parámetros de calidad de servicio), elegimos el tipo de línea y la operadora que nos parezca más idónea de entre los que cumplan con los requisitos.
- *Establecer los requisitos de líneas secundarias:* además de la línea principal, ciertos servicios requieren de redundancia por ser considerados críticos. Por ejemplo, los sistemas de notificación de emergencias o de telecirugía invasiva requieren una redundancia completa en la red.
- *Identificar los OIDs necesarios en el router para su supervisión:* para permitir la supervisión del router tendremos que identificar del RFC 5000 los que parezcan más necesarios, y según lo descrito en el apartado 4.3.5.
- *Establecer los eventos SNMP necesarios:* para asegurar el buen funcionamiento del equipo terminal no podemos fiarnos de una supervisión síncrona realizada por los equipos que monitorean la red. Tendremos que establecer una serie de eventos SNMP que permitan avisar asíncronamente al proveedor de servicios de salud (y al proveedor de red) que algo está ocurriendo en la red del paciente.
- *Negociar con el operador de red el marcado de tráfico:* el proveedor de red, a la entrada de su red principal, tendrá que hacer la clasificación del tráfico en base al campo ToS del protocolo TCP/IP, y que en DiffServ se reaprovecha para indicar la calidad de servicio que precisa. Para ello, si la operadora no usa la Tabla 4.5 de DSCPs que hemos propuesto para clasificar el tráfico según servicio de telemedicina, tendrá que realizar a la entrada y salida de su red la traducción de la clase del proveedor de servicios de salud a la suya y viceversa.

- *Identificar las condiciones en las que activar la línea de backup:* si el servicio requiere de una línea secundaria, estableceremos los diagramas oportunos que sustenten la toma de decisión de los equipos del modelo de servicio para la activación de la línea secundaria.

## 5.3.- Servicio de telemonitorización domiciliaria

Como hemos visto en el caso de estudio 2.8, el paciente necesitará estar monitorizado constantemente y además realizar diversas teleconsultas con su médico para no tener que desplazarse fuera de su hogar por la gravedad de su condición. Además, podrá realizar varias tareas administrativas desde su tableta, como pedir cita con la enfermera para realizar diversas curas, o concertar la cita con su médico.

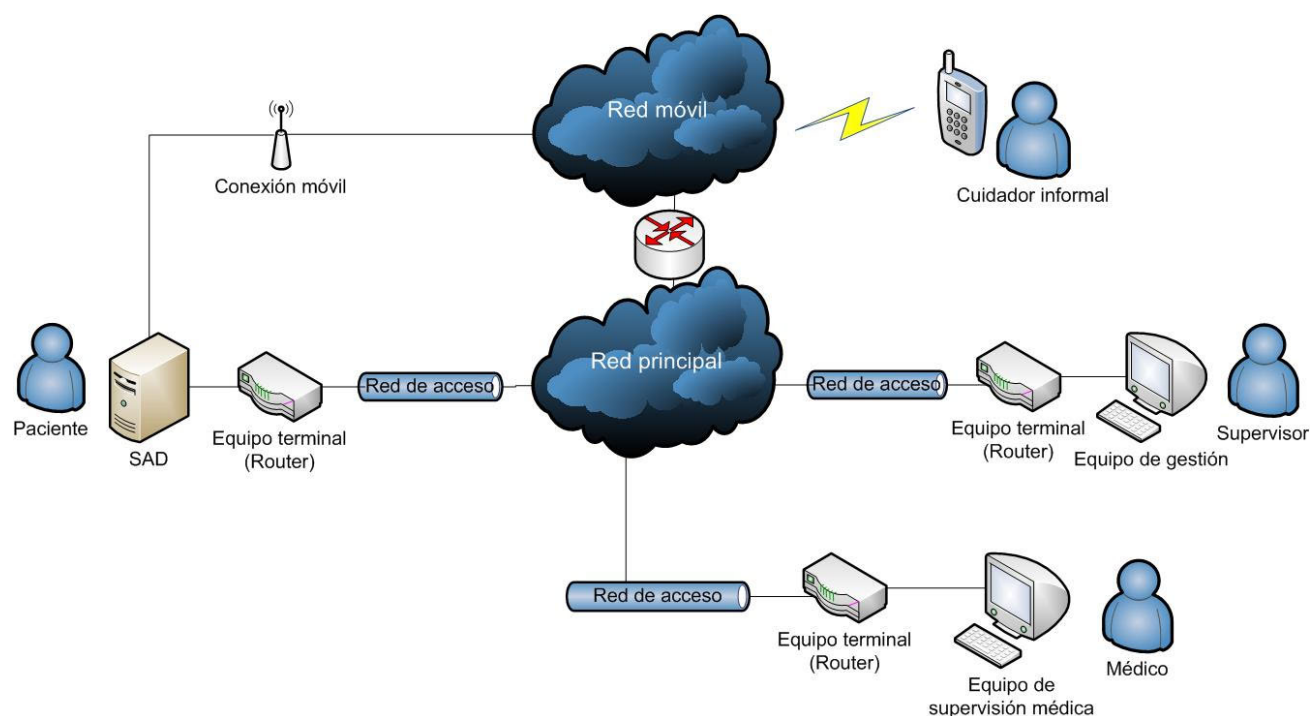


Figura 5.3: Modelo de sistema de monitorización móvil

Primeramente vamos a dar solución a los requisitos de la red de acceso, explicando el modelo propuesto en la imagen anterior, para después establecer un modelo de red específico para este escenario y cómo asegurar la supervisión y buen funcionamiento del mismo.

### 5.3.1.- Requisitos

#### 5.3.1.1.- Servicios de teleasistencia ofrecidos

##### Servicio de videoconferencia

El servicio de videoconferencia se realizará mediante algún cliente que soporte videoconferencias H.323. Se usará para mantener citas periódicas con el especialista médico.

##### Servicio de telemonitorización

En este caso nos encontramos ante un servicio de telemonitorización domiciliaria de Clase 1 según la clasificación en el apartado 2.2.1.2 (necesidad de enviar datos en tiempo real cada pocas horas).

## Servicio de telecita

El paciente también dispondrá de un servicio online para pedir citas con su médico en caso de que ocurra algún agravamiento de su situación que no haya reportado alarmas (es una situación subjetiva del paciente) o quiera aclarar algún tipo de duda con respecto a su medicación. En este caso, será supervisada la adjudicación de tiempo del médico por la enfermera encargada de llevar su agenda diaria.

### 5.3.1.1.1.- Parametrización de los servicios ofrecidos

A continuación vamos a caracterizar los servicios para poder parametrizarlos a continuación. En la primera tabla se muestran sus requisitos según el apartado 2.2.1.4.- *Características de un servicio de telemedicina*, y las siguientes sus necesidades de QoS generales y las específicas para los tipos de servicios según lo visto en el apartado 3.3.- *Calidad de servicio (QoS)*.

	Televisita	Telemonitorización	Telecita
<b>Información</b>	Vídeo	Datos	Datos
<b>Velocidad</b>	1Mbps	15-120 Kbps	Servicio web
<b>Tipo velocidad</b>	Tiempo real (NC)	Tiempo real (C)	Acotado (NC)
<b>Fiabilidad</b>	Alta	Alta	Baja
<b>Disponibilidad</b>	No crítica	Crítica	No crítica
<b>Confidencialidad</b>	Alta	Baja	Alta

Tabla 5.1: Requisitos generales de los servicios utilizados en caso de estudio domiciliario

Aplicación	Ancho de banda	Retardo bajo	Jitter bajo	S. contexto
Teleconsulta	Alto	Sí	Sí	Sí
Telemonitorización	Bajo	No	No	Sí
Telecita	Bajo	No	No	No

Tabla 5.2: Requisitos de QoS de los servicios utilizados en caso de estudio domiciliario

Tipo de servicio de telemedicina	Retardo	Pérdidas	Jitter
Teleconsulta con video en tiempo real	< 250 ms	< 1% paquetes	< 30 ms
Telemonitorización en tiempo real	< 1 s para ECG	0	< 30 ms
Teleadministración	No aplica	0	No

Tabla 5.3: Requisitos específicos de parámetros de línea en caso de estudio domiciliario

### 5.3.1.1.2.- Consideraciones adicionales

Debido a la importancia del servicio de telemonitorización, y gracias a que se trata de un servicio de teleasistencia domiciliaria, se va a proporcionar una línea de backup basada en una conexión 3G desde el SAD. Esta conexión tiene la capacidad suficiente como para establecer videoconferencias, aunque se ha tomado la decisión de, en caso de que el SAD active la línea de backup, usarla exclusivamente para el sistema de telemonitorización.

### 5.3.1.2.- Red de acceso

Lo más económico actualmente en casa de un paciente es suscribirle a un servicio de acceso a Internet mediante ADSL. Los requisitos de contratación de esta línea serán:

- **Operador:** elegimos a OperadorUPM, ya que permite suscribir servicios de supervisión de QoS.
- **QoS:** se suscribe con el teleoperador un servicio que garantice QoS para videoconferencias, ya que el paciente necesita realizar teleconsultas con su médico. Esto es posible contratando la modalidad *Real Time* (según visto en el apartado 3.4), que incluirá la supervisión de la línea por parte del operador de red, según los procedimientos que tenga establecidos y negociados en el SLA (*Service Level Agreement*). No entramos en mayor profundidad en este aspecto ya que para nuestra solución técnica podemos suponer que el proveedor de red dispone de los certificados y licencias que avalen su compromiso con respetar los contratos con sus clientes en cuanto a calidad de servicio, y que el proveedor de servicios de salud negocia adecuadamente los requisitos para el servicio y vigila su cumplimiento.
- **Parámetros QoS:** al ser el servicio de videoconferencia el que impone unos parámetros de QoS más restrictivos (Tabla 3.10), habrá que asegurar los parámetros de línea que se detallan en el punto 5.3.1.1.1.- *Parametrización de los servicios ofrecidos* en todo momento, ya que no se sabe cuándo va a ser necesario establecer una videoconferencia entre médico y paciente o va a ocurrir, obviamente, una urgencia. Además, como hemos visto en el apartado anterior, los servicios de videoconferencia necesitan al menos de 1 Mbps de ancho de banda de subida para prestarse con normalidad. Por tanto, se contratará una línea ADSL de 30Mbps de bajada y 1 Mbps de subida. También se deberá que contratar un jitter inferior a 30 ms y un retardo que no puede superar los 250 ms para el tráfico en tiempo real, al ser el servicio de videoconferencia el más restrictivo en los parámetros de QoS.

## 5.3.2.- Arquitectura del servicio

### 5.3.2.1.- Modelo de red

Puesto que nuestro objetivo principal es garantizar que la red de acceso desde la casa del paciente hasta el proveedor de red no sea un problema, nos vamos a centrar en el modelo de red en esa parte, detallándolo a continuación:

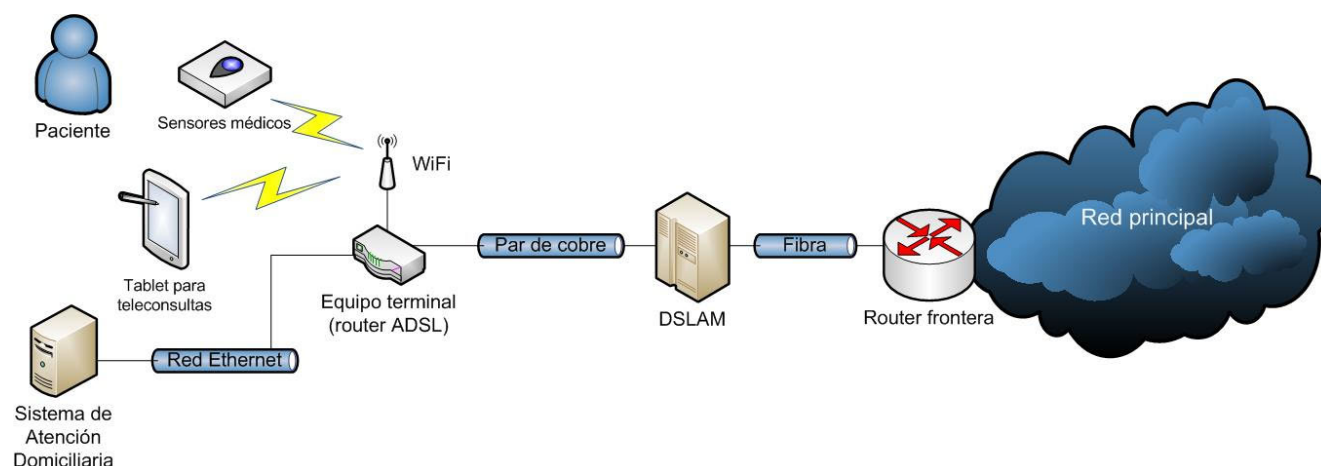


Figura 5.4: Modelo de red para telemonitorización en casa de paciente

El paciente en su hogar está siendo monitorizado por varios sensores (caídas, temperatura, electrocardiogramas, etc.) que almacenan la información en los propios dispositivos. Estos envían su información periódicamente (a través de una conexión WiFi con el router) al sistema de atención domiciliaria que tendrá que decidir a continuación qué hacer; si detecta alguna anomalía en la información capturada, generará una alerta al proveedor de servicios de salud.

Ese proceso de toma de decisiones es una de las partes de las que se tiene que encargar el SAD (apartado 4.3.3.1), y que puede incluir el reenvío del tráfico recibido de los sensores médicos y otros equipamiento (como videocámaras) clasificándolo. Para nuestro modelo, esto no nos es de relevancia. Lo importante es asegurar que los flujos de tráfico generados en esa red Ethernet lleguen a su destino cumpliendo con los requisitos de calidad de servicio que se han establecido para pérdidas, retardos, jitter y ancho de banda.

### 5.3.2.2.- Modelo de comunicación

Debido a las necesidades de la arquitectura del servicio, vamos a disponer de diversos componentes comunicándose entre sí mediante distintos protocolos. A continuación se muestra el modelo de comunicación que se va a seguir:

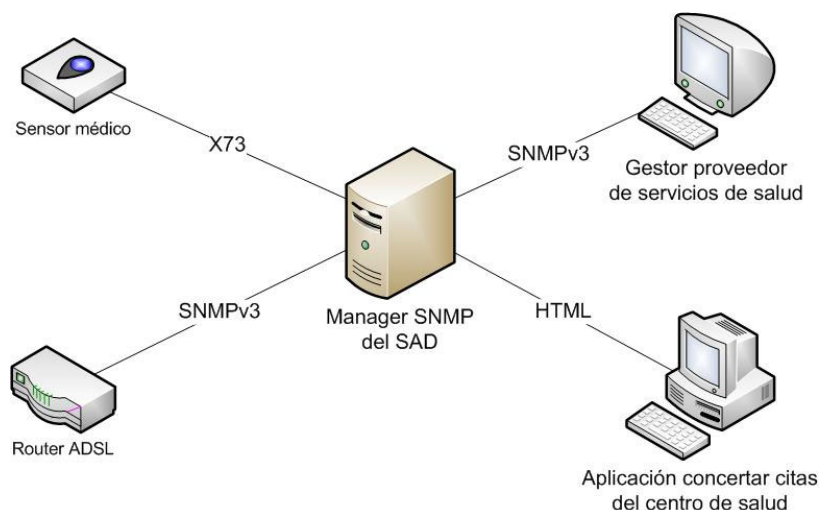


Figura 5.5: Modelo de comunicación para telemonitorización en casa de paciente

El SAD hará de gestor SNMP (para capturar información del router ADSL y de los sensores médicos) y estos usarán distintos protocolos para capturar la información (X73 de los sensores y SNMPv3 del router).

Pero también el SAD tendrá que funcionar como agente SNMP para que el proveedor de servicios de salud pueda supervisar el estado del SAD (y eso incluye el estado de todo el sistema de teleasistencia), así como recibir los traps que éste genere.

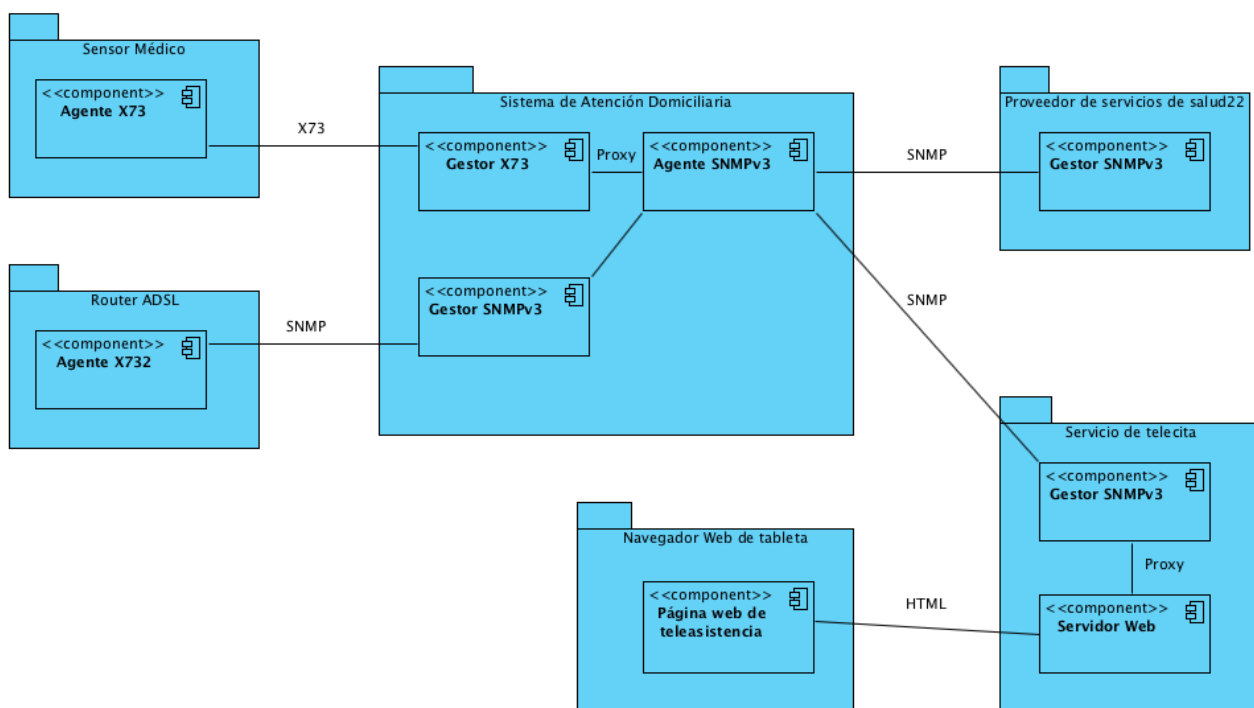


Figura 5.6: Componentes del sistema de teleasistencia domiciliaria

### 5.3.3.- Marcado de tráfico

El servicio proporcionado por el operador de red se basa en DiffServ, y por eso le remitiremos todo el tráfico sujeto a calidad de servicio con las clases AF21 (telemonitorización, la mejoramos con respecto al AF22 debido a la criticidad del paciente) y AF41 (teleconsulta) según sea necesario. El resto será marcado con clase *Best Effort* (BE), que tiene un DiffServ *code point* (DSCP) de 000 000. En caso de congestión de la red, todo el tráfico está sujeto a posibles descartes, pero al menos hay que asegurar que la probabilidad de descarte en teleconferencia sea mínima para que no haya saltos de imagen ni degradación en la misma, y en el de telemonitorización para que no lleguen datos erróneos.

Clase	Valor DSCP	Prob. de descarte	Descripción
BE	000 000	N/A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todo tráfico que no esté relacionado con QoS</li> </ul>
AF31	011 010	baja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Telemonitorización en tiempo real</li> </ul>
AF41	100 010	baja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teleconsulta con vídeo en tiempo real</li> </ul>

Tabla 5.4: DSCP para servicios de telemedicina basado en DiffServ

### 5.3.4.- Estructura del MIB e identificación de OIDs

Para poder garantizar el buen funcionamiento de la línea, vamos a establecer los OIDs que necesitamos supervisar, de forma básica, según lo descrito en el apartado 4.3.5:

- **Grupo de servicio:** al ser el servicio de videoconferencia el más restrictivo, habrá que supervisar ancho de banda, jitter, retardo y pérdidas.
- **Grupo de acceso:** puesto que la línea es ADSL, tendremos que supervisar: velocidad de sincronismo ascendente/descendente, relación señal/ruido, atenuación, potencia de la señal, estado de línea, velocidad de línea, ratio de pérdidas de paquetes.
- **Grupo de dispositivo:** según el router ADSL instalado, sería conveniente supervisar los parámetros de, al menos, CPU, memoria, ventiladores, temperatura, y fuente de alimentación.

La estructura del MIB que se podría implementar en el SAD es el siguiente, basada en lo expuesto en [IEEE405]:

- provedorsaludGestionTeleasistenciaDomiciliaria (8888)
  - SAD-MIB (1)
    - sadControlInfo (1)
    - medicalDeviceInfo (2)
      - medicalDeviceControlTable (1)
      - medicalDeviceDataTable (2)
      - medicalDeviceStateTable (3)
      - specificErrorsTable (4)



- routerInfo (3)
  - routerControlTable (1)
  - routerDataTable (2)
  - routerStateTable (3)
  - specificErrorsTable (4)
- backupInfo (4)
  - routerControlTable (1)
  - routerDataTable (2)
  - routerStateTable (3)
  - specificErrorsTable (4)
- alarmsTable (5)
- eventsTable (6)
  - configurationEvenTable (1)
  - logTable (2)
- managerTable (7)

### 5.3.4.1.- Descripción del MIB

El MIB desarrollo se considerará de tipo privado, bajo el OID designado a la Universidad Politécnica de Madrid: 1.3.6.1.4.1.7547. El grupo sadControllInfo incluye objetos que permiten solicitar acciones a agentes, sobre todo relacionados con la actualización de información del router y los sensores. El resto de grupos contienen información sobre los dispositivos médicos (medicalDeviceInfo), el router principal (routerInfo) y la línea de respaldo (backupInfo).

La tabla de alarmas (alarmsTable) contendrá los valores y OIDS que deberá supervisar constantemente, y en caso de ser superados o que bajen de ellos (bajar de cierto valor de batería o superar un cierto uso del procesador), generar el evento oportuno descrito en eventsTable. En algunos casos los eventos consistirán en guardar información en un log, lanzar un trap SNMP (notificación remota), o ambos a la vez. Existe una última tabla, managerTable, que guarda información de los gestores que tienen acceso a la información del SAD y a los que se debe notificar los traps generados.

### 5.3.5.- Alarmas y traps

Puesto que nos encontramos ante una línea ADSL y el router del fabricante RoutersUPM genera una serie de traps registrados en el MIB del equipo, podemos realizar la siguiente categorización de criticidad de eventos que tendrá que tener en cuenta el proveedor de servicios de salud (y que puede no coincidir con el protocolo del proveedor de red en caso de que se le permita acceso a los routers):

- Bajo
  - Desvío en un 20 por ciento de un parámetro con respecto a los últimos siete días (retardo, jitter, potencia, etc.).
- Medio
  - Superar el 0.5 por ciento el ratio de pérdida de paquetes

- Aumento repentino de la relación señal/ruido, sin llegar a umbrales críticos.
- Bajada de la velocidad de sincronismo.
- Alto
  - Aumento repentino de la atenuación.
  - Descenso de la velocidad de sincronismo.
  - Aumentos bruscos en la relación señal/ruido.
  - Superar más de 1 por ciento el ratio de pérdida de paquetes.
  - Cualquier problema relacionado con la salud del router o el SAD (aumentos de temperaturas bruscos, descenso o parada de los ventiladores, problemas en el voltaje de la fuente de alimentación). Aunque puede no implicar ningún problema real, es crítico que se mantenga supervisado el estado de salud del router para poder prestar el servicio con normalidad.

Los traps pueden incluir algunos como (con el nombre del trap entre paréntesis):

- Previsión de una caída de la conexión principal (*previsionCaída*).
- Activación de la línea de respaldo (*backupLevantado*).
- Errores en los sensores biométricos (*errorSensor*).
- Aviso genérico (*advertencia*).
- Problemas en la línea (*problemasEnLineaPrincipal*).
- Problemas con los equipos de enrutamiento (*problemasEquiposRouting*).

### 5.3.6.- Gestores de SNMP

La versión de SNMP recomendada para utilizar en este modelo es la 3 por sus características de seguridad (apartado 4.2.1.3) y que permiten el control de acceso. En este escenario hay al menos tres gestores SNMP, a los que se le darán distintos niveles de acceso a los parámetros del router:

- **Sistema de Atención Domiciliaria:** el propio equipo en casa del paciente tiene acceso a la supervisión del equipo. Con ello podrían establecerse otra serie de características, aunque estén fuera de lo contemplado en este proyecto, como por ejemplo indicar a los equipos conectados a la LAN que dejen de retransmitir información si uno de los sensores emite una alarma (para asegurar que no habrá problemas de ocupación en la red) o cuando haya una videoconferencia se puede solicitar o bloquear la retransmisión de los equipos.
- **Centro de gestión del proveedor de red:** el proveedor de red tendrá acceso a los OIDs seleccionados que sean necesarios para la supervisión de la calidad de servicio (grupos de acceso y de servicio). OperadorUPM no está proporcionando gestión del propio router, cuyo

mantenimiento depende del proveedor de servicios ya que dispone de su propio centro de gestión para este tipo de incidencias de red. Puede que incluso no sea necesario que disponga acceso al router ya que dispone de información suficiente en su red (incluida la proporcionada por el DSLAM) para establecer los parámetros de QoS de la conexión (retardo, retardo variable, ancho de banda y pérdidas).

- **Centro de gestión del proveedor de servicios:** el equipo o equipos del proveedor de servicios tendrá acceso a todos los objetos del MIB del router.

### 5.3.7.- Previsión de caída de la conexión

Puesto que el SAD tiene la información completa del estado del servicio de teleasistencia (tanto de la línea principal como backup, así como la del paciente y el contexto), el módulo de razonamiento instalado debe tener alguna forma de actuar para poder tomar la decisión de activar la línea de backup, indicándoselo al proveedor de servicios de salud.

Esto se puede establecer mediante la creación de una ontología con la que establecer la forma de actuar, y que estará implementada en OWL en el SAD. En la Figura 5.8 se puede ver un esquema de la toma de decisión del SAD para prever una caída, basado en el esquema de toma de decisión genérica (*Figura 5.2, pág. 151*).

Los cambios de un a otro están relacionados con las necesidades específicas del paciente y que se le están proporcionando tres servicios distintos (telemonitorización, telecita y teleconferencia). El SAD tendrá que tener en cuenta cosas como las horas en las que va a tener una videoconferencia con su médico el paciente para liberar recursos en la red (es un servicio prioritario), cuándo está haciendo uso de la telecita y, en base a los sensores, su estado de salud.

Este algoritmo de previsión de caídas se ejecutará cuando haya cambios en los datos (alarmas, traps, eventos de los equipos gestionados), o periódicamente cuando realice la comprobación del estado de los equipos de red mediante SNMP. Las alarmas médicas provocarán con más frecuente la activación de la línea de respaldo ya que serán más restrictivos los parámetros a vigilar.

Los datos a los que deberá tener acceso el SAD son:

- Datos de los sensores del paciente.
- Si se está enviando información de telemonitorización o se va a enviar en breve.
- Datos de citas que tenga concertadas el paciente.
- Si el usuario está accediendo al servicio de telecita.
- Datos de la línea.

- Datos del estado del router o equipos de transmisión a la red o redes de acceso.
- Datos estadísticos de caídas de la conexión.
- Datos estadísticos sobre épocas del año más propensas a tormentas y otras condiciones medioambientales que puedan afectar al buen funcionamiento de la línea.
- Protocolos de actuación para empeoramiento de la salud del paciente. Incluirá tomar el control exclusivo de la red de acceso para cuando esté realizando una videoconferencia con su médico, y asegurará una conexión estable durante la solicitud de una cita médica.

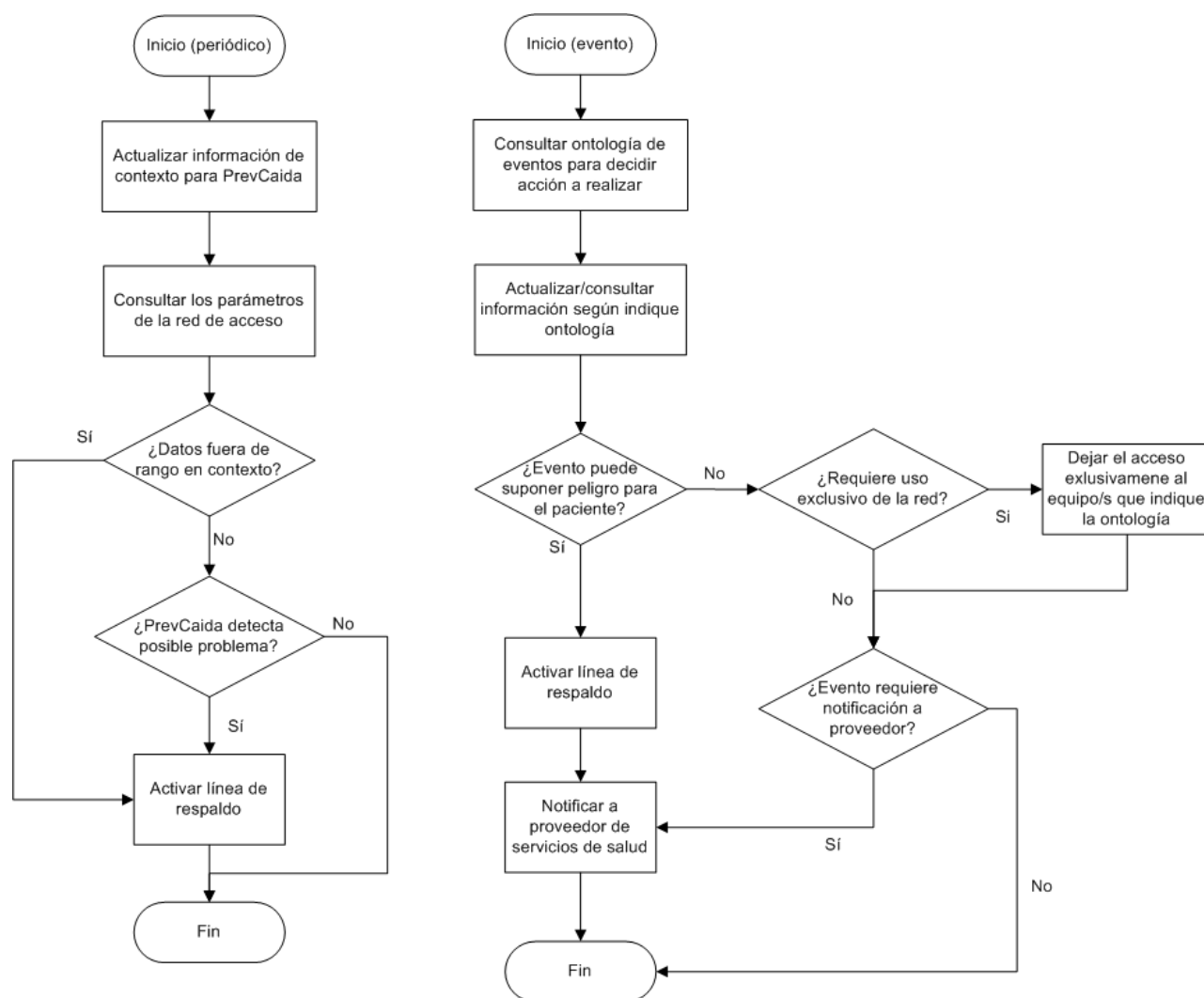


Figura 5.7: Toma de decisión en servicio de teleasistencia domiciliaria

## 5.4.- Servicio de telemonitorización ambulatoria

Como hemos visto en el caso de estudio 2.8.2, en este tipo de servicios el paciente necesita estar telemonitorizado las 24 horas del día. Contará con una muñequera con distintos sensores biométricos, y un smartphone con conexión de datos 3G para realizar el envío periódico de las medidas.

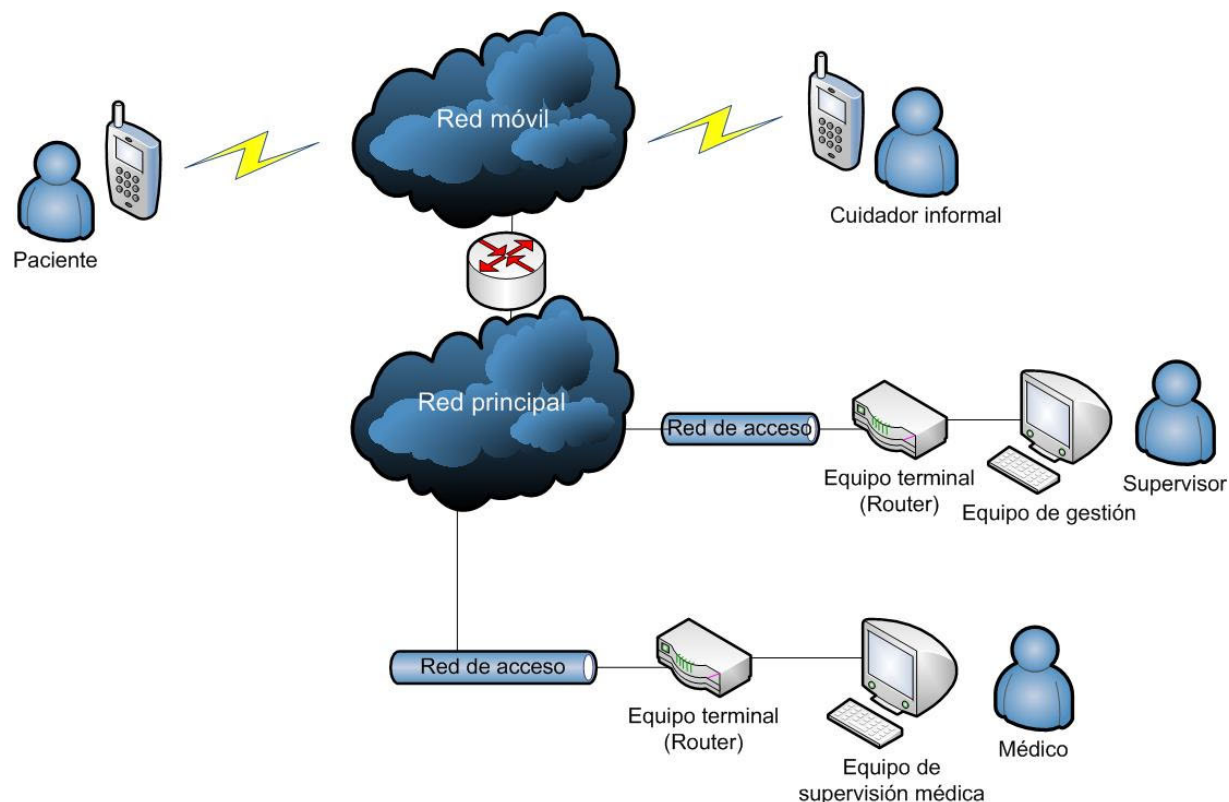


Figura 5.8: Modelo de sistema de monitorización móvil

Primeramente vamos a dar solución a los requisitos de la red de acceso, explicando el modelo propuesto en la imagen anterior, para después establecer un modelo de red específico para este escenario y cómo asegurar la supervisión y buen funcionamiento del mismo.

### 5.4.1.- Requisitos

#### 5.4.1.1.- Servicios de teleasistencia ofrecidos

##### Servicio de telemonitorización

En este caso nos encontramos ante un servicio de telemonitorización domiciliaria será de Clase 1 según la clasificación en el apartado 2.2.1.2 (necesidad de enviar datos en tiempo real cada pocas horas).

##### 5.4.1.1.1.- Parametrización de los servicios ofrecidos

A continuación vamos a caracterizar los servicios para poder parametrizarlos a continuación. En la primera tabla se muestran sus requisitos según el apartado 2.2.1.4.- Características de un servicio de

*telemedicina*, y las siguientes sus necesidades de QoS generales y las específicas para los tipos de servicios según lo visto en el apartado 3.3.- *Calidad de servicio (QoS)*.

	<b>Telemonitorización</b>
<b>Información</b>	Datos
<b>Velocidad</b>	15-120 Kbps
<b>Tipo velocidad</b>	Tiempo real (C)
<b>Fiabilidad</b>	Alta
<b>Disponibilidad</b>	Crítica
<b>Confidencialidad</b>	Baja

*Tabla 5.5: Requisitos generales de los servicios utilizados en caso de estudio ambulatorio*

<b>Aplicación</b>	<b>Ancho de banda</b>	<b>Retardo bajo</b>	<b>Jitter bajo</b>	<b>S. contexto</b>
Telemonitorización	Bajo	No	No	Sí

*Tabla 5.6: Requisitos de QoS de los servicios utilizados en caso de estudio ambulatorio*

<b>Tipo de servicio de telemedicina</b>	<b>Retardo</b>	<b>Pérdidas</b>	<b>Jitter</b>
Telemonitorización en tiempo real	< 1s para ECG	0	< 30 ms

*Tabla 5.7: Requisitos específicos de parámetros de línea en caso de estudio ambulatorio*

#### 5.4.1.1.2.- Consideraciones adicionales

Puesto que nos encontramos ante un servicio de telemonitorización ambulatorio, no podremos contar con una línea de backup. Por eso, en caso de que en algún momento la conexión de datos principal deje de funcionar, se tomarán las siguientes medidas:

- Comprobar si puede haber pérdida de cobertura general del teléfono, y de ser así, notificarlo al proveedor de servicios de salud.
- En caso contrario, si solamente se ha perdido la conectividad con los servicios de datos, enviar en un SMS la información necesaria procedente de los sensores del paciente.

#### 5.4.1.2.- Red de acceso

En este caso sólo necesitaremos una línea de telefonía móvil con una tarifa de datos contratada. Los requisitos de contratación de esta línea serán:

- **Operador:** hay que contratar a un operador que tenga la mayor cobertura posible en el entorno por el que se mueva habitualmente el paciente, consultando las tablas de cobertura

proporcionadas por las distintas compañías.

## 5.4.2.- Arquitectura del servicio

### 5.4.2.1.- Modelo de red

Puesto que nuestro objetivo principal es garantizar que el usuario va a estar telemonitorizado continuamente, independientemente de su ubicación geográfica pero sobre todo cuando esté fuera de su domicilio, nos vamos a centrar en la red de acceso de ese lado de la red principal del proveedor de red.

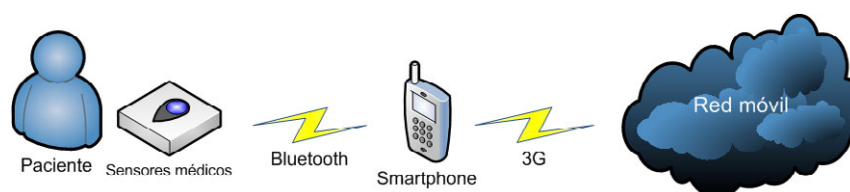


Figura 5.9: Modelo de red para telemonitorización ambulatoria

El paciente lleva encima una serie de sensores biométricos que puede consultar en todo momento desde su teléfono móvil, y que se envían de forma periódica al proveedor de servicios de salud para que sean observados. Si se detecta alguna anomalía en la recopilación de los datos o un posible problema que evite su envío en un futuro cercano, se generará una alerta al proveedor de servicios de salud.

La decisión de lo que hacer la tomará una aplicación instalada en el smartphone en base al módulo de previsión de caídas descrito al principio de este capítulo de forma genérica, y de forma concreta más adelante.

### 5.4.2.2.- Modelo de comunicación

En este escenario va a haber menos componentes que en el caso de estudio anterior, y que se resumen en la siguiente figura:

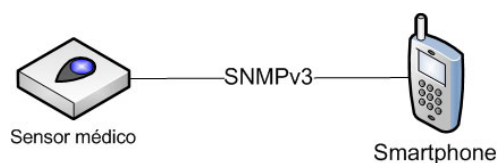


Figura 5.9: Modelo de red para telemonitorización ambulatoria

La muñequera se comporta como un agente SNMP, cuya información es accedida por el smartphone como gestor SNMP. Adicionalmente, el smartphone es un agente SNMP que proporciona información sobre el terminal del paciente y el estado de los sensores. Los datos desde los sensores al smartphone del paciente se transmiten utilizando Bluetooth 4.0 LE (*Low Energy*, bajo consumo).

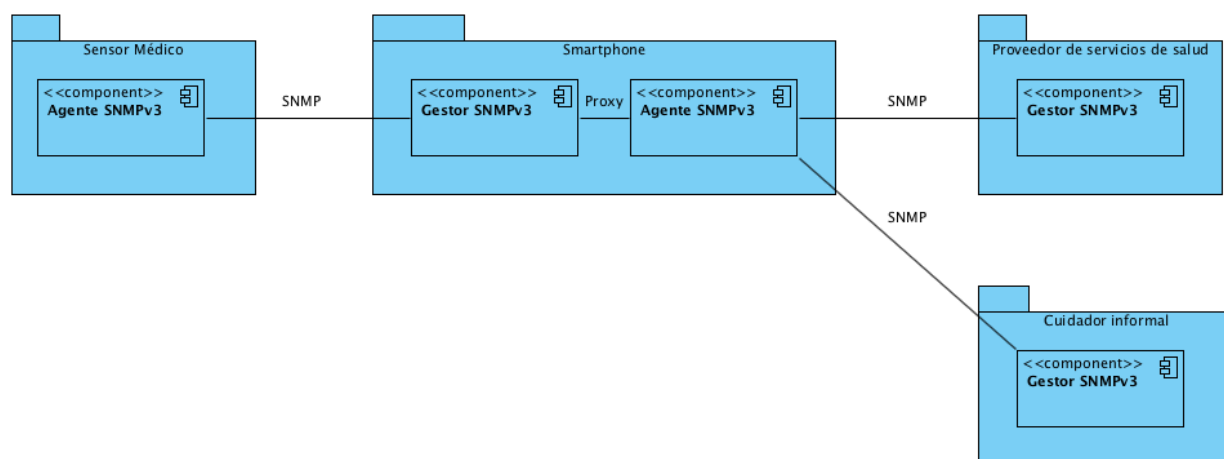


Figura 5.10: Componentes del sistema de teleasistencia ambulatoria

En este escenario el cuidador informal también podría disponer de una aplicación en su smartphone que le indicara la ubicación y el estado del paciente, así como de la cobertura de su zona para no intranquilizarse al no poder localizarle. Esa aplicación también gestionaría mediante SNMP el smartphone del paciente para obtener dichos datos. Se puede dar como alternativas que el proveedor de servicios de salud pusiera a disposición del cuidador informal esta información ya procesada en forma de aplicación web o con otros medios.

### 5.4.3.- Marcado de tráfico

El servicio proporcionado por el operador de red se basa en DiffServ, y por eso le remitiremos todo el tráfico sujeto a calidad de servicio con la clase AF21 (telemonitorización, la mejoramos con respecto al AF22 debido a la criticidad del paciente). El resto será marcado con clase *Best Effort* (BE), que tiene un DiffServ *code point* (DSCP) de 000 000.

Valor DSCP	Prob. de descarte	Descripción
01 1001	baja	<ul style="list-style-type: none"> <li>Telemonitorización</li> </ul>

Tabla 5.8: DSCP para servicios de telemedicina basado en 3GPP (Capítulo 4.2.3.4)

### 5.4.4.- Estructura del MIB e identificación de OIDs

Para poder garantizar el buen funcionamiento de la línea, vamos a establecer los OIDs que necesitamos supervisar, de forma básica, según lo descrito en el apartado 4.3.5:

- Grupo de servicio:** puesto que el servicio de telemonitorización es en tiempo real y depende del contexto, habrá que monitorizar ancho de banda, jitter, retardo y pérdidas. Estos parámetros son importantes en caso de ocurra una emergencia y se deba acceder a todos los datos del dispositivo en tiempo real.



- **Grupo de acceso:** puesto que la línea es 3G, tendremos que supervisar potencia de la señal, estado de línea, velocidad de línea, ratio de pérdidas de paquetes.
- **Grupo de dispositivo:** según el smartphone usado, sería conveniente supervisar los parámetros de, al menos, CPU, memoria, batería, y temperatura.

La estructura del MIB que se podría implementar en el SAD es el siguiente, basada en lo expuesto en [IEEE405]:

- provedorsaludGestionTeleasistenciaAmbulatoria (28924)
  - SAD-MIB (1)
    - smartphoneControlInfo (1)
    - medicalDeviceInfo (2)
      - medicalDeviceControlTable (1)
      - medicalDeviceDataTable (2)
      - medicalDeviceStateTable (3)
      - specificErrorsTable (4)
    - alarmsTable (3)
    - eventsTable (4)
      - configurationEvenTable (1)
      - logTable (2)
    - managerTable (5)

#### 5.4.4.1.- Descripción del MIB

El MIB desarrollo se considerará de tipo privado, bajo el OID designado a la Universidad Politécnica de Madrid: 1.3.6.1.4.1.7547. El grupo `smartphoneControlInfo` incluye objetos que permiten solicitar acciones a agentes, sobre todo relacionados con la actualización de información del router y los sensores. El otro grupo contiene información sobre los dispositivos médicos (`medicalDeviceInfo`).

La tabla de alarmas (`alarmsTable`) contendrá los valores y OIDS que deberá supervisar constantemente, y en caso de ser superados o que bajen de ellos (bajar de cierto valor de batería o superar un cierto uso del procesador), generar el evento oportuno descrito en `eventsTable`. En algunos casos los eventos consistirán en guardar información en un log, lanzar un trap SNMP (notificación remota), o ambos a la vez. Existe una última tabla, `managerTable`, que guarda información de los gestores que tienen acceso a la información del smartphone (que hace de equivalente al SAD) y a los que se debe notificar los traps generados.

#### 5.4.5.- Alarmas

Puesto que nos encontramos ante una línea ADSL y el router del fabricante RoutersUPM genera una serie de traps registrados en el MIB del equipo, podemos realizar la siguiente categorización de criticidad de eventos que tendrá que tener en cuenta el proveedor de servicios de salud (y que puede no

coincidir con el protocolo del proveedor de red en caso de que se le permita acceso a los routers):

- Bajo
  - Fluctuaciones mínimas en la potencia de la señal recibida.
- Medio
  - Superar el 0.5 por ciento el ratio de pérdida de paquetes
  - Aumento repentino de la relación señal/ruido, sin llegar a umbrales críticos.
  - Bajada de la velocidad de transmisión.
  - Batería baja en algún sensor médico.
- Alto
  - Algún sensor médico deja de funcionar correctamente.
  - Aumento repentino de la atenuación.
  - Aumentos bruscos en la relación señal/ruido.
  - Superar más de 1 por ciento el ratio de pérdida de paquetes.
  - Cualquier problema relacionado con la salud del smartphone (aumentos de consumo de CPU o memoria repentinos, descenso de la batería de ciertos umbrales críticos, problemas en el voltaje de la batería, etc.). Aunque puede no implicar ningún problema real, es crítico que se mantenga supervisado el estado de salud del smartphone para poder prestar el servicio con normalidad.

#### 5.4.6.- Gestores de SNMP

La versión de SNMP recomendada para utilizar en este modelo es la 3 por sus características de seguridad (apartado 4.2.1.3) y que permiten el control de acceso. En este escenario hay al menos tres gestores SNMP, a los que se le darán distintos niveles de acceso a los parámetros del router:

- **Smartphone del paciente:** el equipo que debe transportar continuamente el paciente será el gestor SNMP encargado de recopilar los datos biométricos de la muñequera u otros dispositivos con sensores biométricos que lleve encima el paciente.
- **Centro de gestión del proveedor de servicios de salud:** los equipos del proveedor de servicios de salud consultarán y almacenarán los datos médicos del paciente, y serán revisados periódicamente por el personal médico para evaluar el estado del paciente. En caso de que lo estimen necesario, podrán consultar en tiempo real su estado, o simplemente establecer o cambiar a qué intervalos se remite la información biométrica.
- **Cuidador informal:** el cuidador informal podrá disponer de acceso a una aplicación propia en su terminal que permite conocer el estado de salud y ubicación del paciente para su tranquilidad. Alternativamente podrá recibir mejor sólo notificaciones SMS si así lo desea o no dispone de un

smartphone.

### 5.4.7.- Previsión de caída de la conexión

La aplicación del smartphone que controla los sensores biométricos y permite el acceso remoto a esos datos por parte del proveedor de servicios de salud incluye un módulo de razonamiento basado en ontologías implementadas con OWL para la toma de decisiones sobre cómo actuar ante diversas eventualidades.

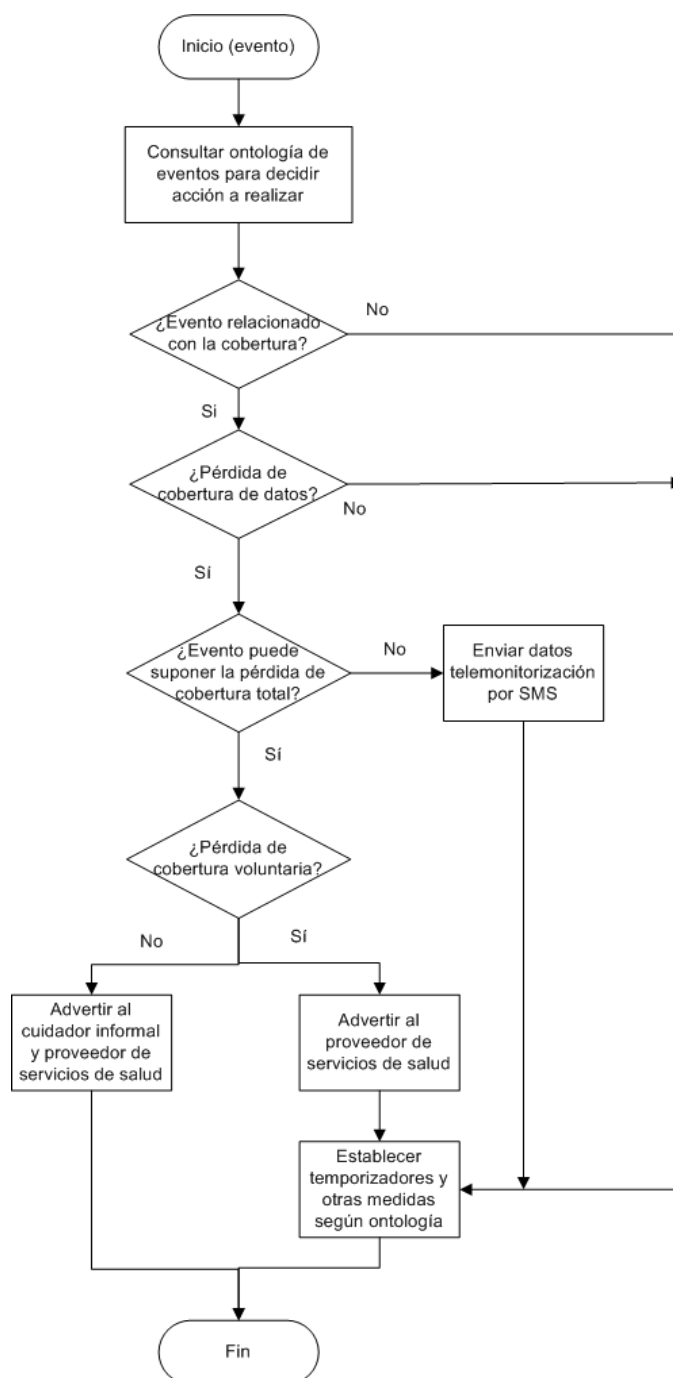


Figura 5.11: Toma de decisión en servicio de telemonitorización ambulatoria

El módulo debe ser capaz de distinguir cuándo el usuario puede perder la cobertura por motivos normales (entrar en un edificio con poca cobertura) gracias por ejemplo a bases de datos y estadísticas públicas que contengan información sobre cobertura en distintas zonas y ciudades, de aquellas ocasiones en las que pierda la cobertura por motivos desconocidos. Por ejemplo, si el paciente se desorienta y camina por zonas no habituales o alejadas de su hogar podría generar una alerta al proveedor de servicios de salud y al cuidador informal.

El módulo también debe ser capaz de anticipar posibles fallos del hardware (tanto de los sensores como del smartphone) o de la conectividad para que se pueda saber exactamente qué está ocurriendo en su entorno y tomar las medidas oportunas.

Ante pérdidas de cobertura voluntarias, el sistema del proveedor de servicios de salud podría establecer temporizadores u otras mecánicas para revisar más adelante si el dispositivo vuelve a conseguir cobertura. Si no lo hace en un periodo de tiempo razonable, se generarán las debidas alarmas que serán tratadas por el personal dedicado al servicio, y cumplirán con los protocolos establecidos para el correcto funcionamiento del servicio.

# Capítulo 6

## *Conclusiones*

---

### 6.1.- Recapitulación

Al principio de este documento hemos intentado exponer objetivamente la importancia de la telemedicina para la sociedad actual y futura, destacando algunos de los beneficios que pueden llegar a proporcionar: mejor calidad de vida para el paciente, menores costes para el seguimiento de casos clínicos, o que los médicos puedan consultar con otros especialistas del mundo al instante para conseguir mejores diagnósticos.

Pero como también se ha comentado, no todo es bueno en la telemedicina, y también cuenta con diversos problemas sobre todo en los terrenos legales y de la aceptación por parte de los médicos y de la población en general de estos servicios. Si nos paramos un momento a pensarlo, incluso nosotros mismos podemos llegar a pensar que cómo nos va a evaluar correctamente una patología un médico a través de una videoconferencia si no nos ausculta o ve en directo nuestro color de piel o síntomas.

Ese gran problema de aceptación de los servicios de teleasistencia, útiles en muchos casos como hemos visto, es el que hemos pretendido abordar, prestando especial atención al método de acceso a red utilizado por los pacientes adscritos a un servicio de teleasistencia. Tras analizar los distintos tipos de servicios que se pueden dar en la telemedicina y teleasistencia, los tipos de conexiones a Internet que se usan de manera generalizada, y las necesidades de los tipos de información que van a transportar, hemos sido capaces de presentar un modelo para la previsión de caídas de la conexión que tiene varios usos:

- Activación de líneas de respaldo para dar una continuidad a las comunicaciones en situaciones críticas, como por ejemplo en los momentos en que los médicos saben que una enfermedad tiene tendencia a empeorar.
- Mantener localizado a un usuario que lleve un teléfono encima, y saber por qué razón puede perder la cobertura. Esto tiene utilidad en casos de pacientes con Alzheimer en las primeras etapas para, aunque siguen manteniendo su autonomía pueden llegar a desorientarse fuera del hogar y no saber dónde se encuentran en un momento dado, que la familia o cuidadores informales estén tranquilos.
- Aunque no lo hemos visto en detalle, permite también gestionar los recursos de la red local del

hogar del paciente para asegurar que durante momentos en los que se va a necesitar no va a existir algún tipo de tráfico (como otro residente ocupando el ancho de banda de una línea ADSL viendo vídeos de YouTube) que evite realizar una comunicación manteniendo los parámetros de calidad de servicio necesarios de la comunicación. La supervisión continua de los parámetros de la línea permite que se detecten automáticamente las fuentes de estos problemas.

Lo que se ha planteado son las bases para poder desarrollar servicios de forma más detallada ya que los servicios de teleasistencia pueden ser de lo más diversos, y dependiendo de quién sea el proveedor de servicios de salud, el paciente, su ubicación o su seguro médico, entre otros, se tendrá que gestionar de una u otra forma. Son tantos los detalles a tener en cuenta que sería imposible abordarlos en un único documento.

## 6.2.- Recomendaciones

Siendo el objetivo del PFC presentar un modelo de previsión de caídas de conexión para asegurar que una línea está el 100 por cien del tiempo activa, con lo expuesto en el capítulo 5 queda plenamente satisfecho. Hay que obviar en estos casos los fallos por causas naturales o de fuerza mayor, pero al menos los fallos relacionadas con los equipos instalados en el hogar del paciente o que use este habitualmente sí que dejan de ser un problema.

Hay que considerar al paciente como el centro de todo servicio de teleasistencia, y ponernos en su situación a la hora de establecer los pormenores del servicio. ¿Se trata de una persona mayor? Seguramente fuera conveniente adquirir equipos que se puedan instalar en la pared, sin cables que sobresalgan para que no estén por medio como muchos tenemos nuestros routers en casa. Planificar la ubicación de los equipos necesarios para prestar el servicio es fundamental, así como por ejemplo la cobertura WiFi de una casa para servicios de telemonitorización.

Puesto que nos centramos en el propio paciente y su entorno cercano, en el desarrollo de un servicio de teleasistencia para su implantación en el mundo real habría que alejarnos también en algún momento del desarrollo y dejar de lado al paciente como centro del servicio y mirar al conjunto. Esto nos llevaría a plantearnos soluciones a problemas como los fallos de fuerza mayor: quizás estableciendo conexiones 3G como backup de las líneas principales con su propio generador o fuente de alimentación independiente serviría para solventar una parte de esos problemas que podrían venir provocados por apagones en el edificio del paciente.

Tampoco parecería buena idea el contratar una línea ADSL como enlace principal y una línea RDSI como backup, ya que al fin y al cabo usan el mismo cableado para llegar hasta una central. Un corte de esa línea por una excavadora, y tanto la línea principal como la de backup quedarían inutilizadas. En algunos casos, incluso se podría plantear el utilizar dos líneas distintas de backup, complicando aún más la lógica del módulo de previsión de caídas.

También a la hora de crear un servicio de teleasistencia sería conveniente establecer al proveedor de servicios de salud como único supervisor de los equipos instalados en el hogar del paciente, ya que es el que dispone, mediante el sistema de atención domiciliaria, de toda la información de lo que está ocurriendo alrededor de y con el paciente. A su vez esto permite reducir costes al no tener que contratar los servicios de la operadora en este aspecto.

La descripción de la toma de decisiones por parte del sistema de atención domiciliaria debería ser lo más clara y precisa posible, desarrollando todo tipo de esquemas UML que permitan trasladar rápidamente a código toda lógica de supervisión de caídas de un servicio. Aunque en la programación es bueno

mantener las cosas lo más sencillas y claras posibles (la metodología KISS o *Keep It Simple, Stupid*), la cantidad de información y datos que hay que tener en cuenta en un servicio de teleasistencia para tener supervisado todo el tiempo el acceso a red puede complicar bastante las cosas si no se planifican correctamente desde un primer momento.

En lo relacionado al propio módulo de previsión de caída, existe mucho trabajo por hacer, y no es nada sencillo. Por ejemplo, la creación de las ontologías médicas y de eventos, la selección, contratación y supervisión de la conexión que nos ofrezca el proveedor de red, o la creación de los gestores SNMP y todo lo que conlleva, puede llevar a investigar más detalladamente sobre cada componente.

Para intentar abaratar costes, sin perjudicar las necesidades de los servicios de teleasistencia, se podría estudiar la viabilidad de utilizar pequeños ordenadores como el Raspberry Pi capaces de funcionar con el sistema operativo Linux, pero que tienen potencia suficiente como para funcionar como SAD y gestionar los distintos módulos necesarios como el de previsión de caídas. Puesto que su precio es de 35 dólares, también convertiría su reemplazo en caso de fallo en una tarea sencilla y barata.



# Anexo I

## Referencias

---

### Capítulo 1

[EHEALTH] MONTEAGUDO J L, MORENO O. *e-Salud para la potenciación de los pacientes en Europa*. Instituto de Salud Carlos III, Ministerior de Sanidad y Consumo. 2009.

[INTER01] *La conexión a Internet por ADSL mejora pero persisten las quejas*. Asociación de Internautas, 2001. <http://www.internautas.org/html/25.html>. Accedido por última vez en agosto de 2013.

[TERINTER] Asociación de Internautas. *Tercer Estudio sobre la Calidad de los Operadores de Internet en España*. 2013.

[VAL08] VALERO Miguel A, VADILLO Laura, PEÑALVER Ana, PAU Iván, GAGO Esther, ÁLVAREZ Magdalena, PORTILLO Eloy. *An implementation framework for smart home telecare services*. IEEE press, 2008.

### Capítulo 2

[epSOS01] *Safe access to medial data abroad: The epSOS Services*. [http://www.epsos.eu/fileadmin/content/pdf/epSOS\\_Services\\_2012.pdf](http://www.epsos.eu/fileadmin/content/pdf/epSOS_Services_2012.pdf), 2012.

[epSOS02] *El camino a la ubicuidad de acceso*. <http://www.dintel.org/Documentos/2011/JcD/ses01/munoz.pdf>

[FMISO11073] ESCAYOLA Javier. *ISO/IEEE 11073: Estándar de interoperabilidad para dispositivos médicos y su aplicación en la monitorización de pacientes*. Universidad de Zaragoza, Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón, 2008.

[Hgov] U.S.A. Health Care. <http://healthcare.go>

[HL7OWL] HERNÁNDEZ ILLERA Antonio. *Traducción de arquetipos OpenEHR a CDA de HL7 utilizando OWL*. Universidad de Alcalá de Henares, julio 2013.

[IEEE01] KYRIAKOU E, PAVLOPOULOS S, KOUTSOURIS D. *Multipurpose Health Care Telemedicine System*. IEEE press, 2001.

[IEEE02] JEN-HWA HU Paul, *Evaluating Telemedicine Success: A Revised Model*. IEEE press, 2002.

[IEEE03] BHARGAVA Anu, FARRUKH KHAN M., GHAFOOR Arif. *QoS Management in Multimedia Networking for Telemedicine Applications*. IEEE press, 2003.

[IEEE04] KUGEAN C, KRISHNAN S M, CHUTATAPE O. *Design of a mobile telemedicine system with wireless LAN*. IEEE press, 2002.

[IEEE05] TULU Bengisu, CHATTERJEE Samir, LI Haiqing. *Secured Video Conferencing Desktop Client for Telemedicine*. IEEE press, 2003.

- [IEEE06] PUENTES John, BASEL Solaiman. *Telemedicine in Perspective: Trends and Challenges*. IEEE press, 2006.
- [IEEE07] NANDA Priyadarsi, FERNANDES Rohan C. *Quality of service in Telemedicine*. IEEE press, 2007.
- [IEEE08] VALERO Miguel A, VADILLO Laura, PEÑALVER Ana, PAU Iván, GAGO Esther, ÁLVAREZ Magdalena, PORTILLO Eloy. *An implementation framework for smart home telecare services*. IEEE press, 2008.
- [IEEE09] PETCU Viorel, PETRESCU Adrian. *Systems of systems applications for telemedicine*. 9th RoEduNet IEEE International Conference, 2010.
- [IEEE10] LU Wen-Pai, LEUNG Henry, ESTRADA Enriqu. *Transforming Telemedicine for Rural and Urban Communities*. IEEE press, 2010.
- [IEEE11] DENG Liqiong, POOLE Scott. *Learning through telemedicine networks*. IEEE paper, 2002.
- [IniESP] NUÑO Roberto, SAUTO Regina, TORO Nuria. *Integrated care initiatives in the Spanish Health System*. Instituto Vasco para la Innovación en la Salud, mayo 2011. <http://www.ijic.org/index.php/ijic/article/viewArticle/881/1598>
- [Introd] WOOTOON Richard, CRAIG John, PATTERSON Victor. *Introduction to Telemedicine*. The Royal Society of Medicine Press, 2007.
- [MonMed] LÓPEZ A. Braulio. *La Telemedicina*. Monografías.com, septiembre 2007. <http://www.monografias.com/trabajos49/tecnologia-medica/tecnologia-medica2.shtml>, 2007.
- [ProvSal] BRONFMAN Mario, CASTRO Roberto, ZÚÑIGA Elena. “*Hacemos lo que podemos*”: los prestadores de servicios frente al problema de la utilización. *Salud pública de México*, vol. 39, no. 6, 1997.
- [RedTel1] MARTÍNEZ-RAMOS Carlos. *Telemedicina: aspectos generales*. Universidad Complutense de Madrid, pág. 68-70, 2009.
- [RedTel2] MARTÍNEZ-RAMOS Carlos. *Telemedicina: El sistema nacional de salud*. Universidad Complutense de Madrid, 2009.
- [RedTel3] MARTÍNEZ-RAMOS Carlos. *Telemedicina en España*. Universidad Complutense de Madrid, 2009.
- [SCIELO] LÓPEZ PUIG Pedro, ALONSO CARBONELL Liuba. *Metodología para la caracterización de una red de servicios de salud y su aplicación en el contexto ecuatoriano*. Junio 2011. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-34662011000200005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662011000200005), accedida por última vez el 2 de agosto de 2013.
- [SerTecSal] CÓRDOVA VILLALOBOS José Ángel, ORTÍZ DOMÍNGUEZ Maki Esther, HERNÁNDEZ ÁVILA Mauricio. *Serie Tecnologías en Salud*, Vol. 3, Secretaría de Salud, México, 2011.
- [SKARP] SKORIN-KAPOV Lea, MATIJASEVIC Maja. *Analysis of QoS requirements for eHealth services and mapping to evolved packet system QoS classes*.
- [TelAnd] KOPEC POLISZUC Alberto. SALAZAR GÓMEZ Antonio. *Aplicaciones de*

*telecomunicaciones en salud en la subregión andina*. Organismo Andino de Salud, Colombia, 2006.

[TelDigital] LEWIS Chris, DELANEY John, CANSFIELD Mike. *Telefónica Digital: Beyond connectivity, a visión for the telco of the future*. IDC, pág. 4, 2012.

[TelasisAU] NSW Health. *Draft HNE Health Telehealth Clinical Strategy 2010-2014*. NSW Health, Australia, pág. 54, 2010.

[TeleATA] PUSKIN Dena, JOHNSTON Barbara, SPEEDIE Stuart. *Telemedicine, Telehealth and Health Information Technology*. The American Telemedicine Association, mayo 2006.

[TeleRural] GANTENBEIN Rex E. *Telehealth-Based Collaboration among Primary and Behavioral Health Care Providers in Rural Areas*. University of Wyoming, 2011.

[TelMex] GARCÍA Janet, RODAS Ingrid Karina. Auditoría administrativa y de comunicación organizacional: el caso del Programa de Telemedicina en México. *Revista de Comunicación y Salud*. Vol.1, no 2, pp. 19-31, 2011.

[TelQuality] LEROUGE Cynthia, HEVNER, Alan R. *It's More than just use: An investigation of Telemedicine use quality*. IEEEExplore, pág. 5, 2005.

[TelServCh] BLUM Jesse, MAGILL Evan. *Telecare Service Challenge: Conflict Detection*. 5th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare, pág. 502-507, 2011.

[TelUrg] GONZÁLEZ ARMENGOL Juan Jorge, CARRICONDO Francisco, MINGORANCE Carlos, GIL-LOZAYAGA Pablo. *Telemedicina aplicada a la atención sanitaria urgente: aspectos metodológicos y prácticos*. *Revista Emergencia*, no. 21, págs. 287-294, 2009.

### Capítulo 3

[BanAnc] BERROCAL Julio, VÁZQUEZ Enrique. *Redes de acceso de banda ancha*. [http://www.bandaancha.es/Informacion/Tecnologias/Documents/librotaba28\\_1\\_de\\_3.pdf](http://www.bandaancha.es/Informacion/Tecnologias/Documents/librotaba28_1_de_3.pdf)

[CE26.8.2010] *Una Agenda Digital para Europa*. Comisión Europea 2010.

[CMT2011] *Informe de seguimiento geográfico de la banda ancha en España*. Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones, Junio 2012. [http://sie.fer.es/recursos/richImg/env/2348/Informe\\_Geografico%20\\_Junio\\_2012.pdf](http://sie.fer.es/recursos/richImg/env/2348/Informe_Geografico%20_Junio_2012.pdf)

[CMTRUR] *Internet Rural: superar la brecha digital*. Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones. Agosto 2011. <http://blogcmt.com/2011/08/18/acceso-internet-rural/>

[Halsall] HALSALL, Fred. *Computer networking and internet*. Addison Wesley. Quinta edición, 2005.

[Mundo2011] *El Gobierno aprueba el servicio universal de banda ancha que garantizará un mega*. 20 de mayo de 2011. <http://www.elmundo.es/elmundo/2011/05/20/navegante/1305901228.html>

[NEBA1] *Oferta de Referencia del nuevo servicio ethernet de banda Ancha (NEBA)*, Telefonica S.A. Enero de 2013

[NEBA2] *Informe Trimestral de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones*. <http://cmtdata.cmt.es/cmtdata/>

[OPERAD] *Ofertas comparadas de acceso a banda ancha fija y móvil para todos los operadores*

Octubre 2012. <http://bandaancha.eu/comparativa/>

[PROEHTEL] ROSSING Niels, McCURRY Mike, FOGGIE Richard, SCHUG Stephan. *Implementation of eHealth in Europe Position Paper*. EHTEL Thematic Working Group “eHealth”. Abril de 2004.

[QOSDIFF] BOS, Gerard. *QoS support using DiffServ*. Universiteit Twente, Holanda, 2011.

[RedComp] KUROSE James, ROSS Keith. *Redes de computadores*. Editorial Pearson, 5ª edición, págs. 735-763, 2010.

[SKARP] SKORIN-KAPOV Lea, MATIJASEVIC Maja. *Analysis of QoS requirements for eHealth services and mapping to evolved packet system QoS classes*.

[TELFSEG] *Servicios integrales por parte de Telefonica para securizar la infraestructura de red*. <http://www.movistar.es/soluciones>

[WSat] *Satellite Internet Access*. [http://en.wikipedia.org/wiki/Satellite\\_Internet\\_access](http://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_Internet_access)

[WVDSL] [http://en.wikipedia.org/wiki/Very-high-bit-rate\\_digital\\_subscriber\\_line\\_2](http://en.wikipedia.org/wiki/Very-high-bit-rate_digital_subscriber_line_2)

## Capítulo 4

[AndSO] PEREZ Sarah. *IDC: Android Market Share Reached 75% Worldwide In Q3 2012*. TechCrunch, 2013. <http://techcrunch.com/2012/11/02/idc-android-market-share-reached-75-worldwide-in-q3-2012>

[Artful] *Ejemplo arquitectura Android para SNMP*. <http://www.artfulbits.com/products/android/snmp-for-android.aspx>

[CisSNMP] Cisco Systems. *Introduction to SNMP and MIB*. 2004. <http://www.cisco.com/networkers/nw04/presos/docs/NMS-1N02.pdf>

[ComRed] STALLINGS William. *Comunicaciones y redes de computadores*. Prentice Hall, 7ª edición, 2004.

[CoreProt] HALL Eric A. *Internet Core Protocols*. O'Reilly, 2000.

[EssSNMP] MAURO Douglas, SCHMIDT Kevin. *Essential SNMP*. O'Reilly, 2001.

[IEEE401] LAGE A, MARTINS J, OLIVEIRA J. *A quality of service approach for managing telemedicine multimedia applications requirements*. IEEE press, 2004.

[IEEE402] MESSINA Marco, LIM Yen, LAWRENCE Elaine, KARGL Frank. *Implementing and validating an environmental and health monitoring system*. Fifth International Conference on Technology: New Generations, IEEE, 2008.

[IEEE403] FÉLIX NAVARRO Karla, LAWRENCE Elaine, LIM Brian. *Medical MoteCare: A distributed personal Healthcare monitoring system*. International Conference on eHealth, Telemedicine and Social Medicine, IEEE, 2009.

[IEEE404] MANZAN William, TEIXEIRA Marcio, JAMIL Barbar. *A proposal of web based NSMP management for embedded system applying in pattern recognition using wavelet transform*. International Conference on Internet and Web Applications and Services, IEEE, 2006.

[IEEE405] LASIERRA Nelia, ALESANCO Álvaro, GARCÍA José. *An SNMP-based solution to enable remote ISO/IEEE 11073 technical management*. IEEE Transactions on information technology in biomedicine, vol. 16, no. 4, julio 2012.

[LinAdR] HUBERT Bert, MAXWELL Gregory, OOSTERHOUT Martjin.. *Linux advanced routing and trac control howto*. <http://lartc.org/howto/>, 2004.

[LinuxAdm] NEMETH Evi, SNYDER Garth, HEIN Trent R. *Linux Administration Handbook*. Prentice Hall, pág. 657-667, 2007.

[RedComp] KUROSE James, ROSS Keith. *Redes de computadores*. Editorial Pearson, 5ª edición, págs. 735-763, 2010.

[REHABITIC] MUNIESA, PIQUERAS, COLL, PALOMARES. *Proyecto REHABITIC: telerehabilitación tras una artroplastia total de rodilla*. <http://www.fundacionsigno.com/archivos/publicaciones/PPB12.pdf>, Telefónica y Parc de Salut Mar de Barcelona, 2011.

[RFC 792] POSTEL J. *Internet Control Message Protocol*. DARPA Internet program protocol specification, septiembre 1981.

[RFC 1122] BRADEN R (editor), Internet Engineering Task Force (IETF). *Requirement for Internet Hosts*. Octubre 1989.

[RFC 1812] BAKER F (editor), Cisco Systems. *Requirements for IP Version 4 Routers*. Junio 1995.

[RFC 2578] MCCLOGHRIE K, Cisco Systems, PERKINS D, SNMPinfo, SCHOENWAELDER J, BRAUNSCHEWEIG TU. *Structure of Management Information Version 2*. Abril 1999.

[RFC 2579] MCCLOGHRIE K, Cisco Systems, PERKINS D, SNMPinfo, SCHOENWAELDER J, BRAUNSCHEWEIG TU. *Textual Conventions for SMIV2*. Abril 1999.

[RFC 5000] RFC Editor. *Internet Official Protocol Standards*. Mayo 2008.

[SKARP] SKORIN-KAPOV Lea, MATIJASEVIC Maja. *Analysis of QoS requirements for eHealth services and mapping to evolved packet system QoS classes*.

[SLWIND] *Network Management Protocols*. Realtime Publishers, 2010. [http://www.solarwinds.com/resources/whitepapers/SolarWinds\\_Network\\_Mgmt\\_Protocols.pdf](http://www.solarwinds.com/resources/whitepapers/SolarWinds_Network_Mgmt_Protocols.pdf)

[TelHNS] *Home Nursing Service*. <http://innova.telefonica.es/3515/home-nursing-service-hns/>, 2010.

[TXDAT] FOROUZAN Behrouz A. *Transmisión de datos y redes de comunicaciones*. McGraw Hill, 4ª Edición, 2006.

[UPM01] VALERO M.A, PAU I, GIL G, GARCÍA A.B, CARRACEDO J. *Differentiated services classification in next generation IP Home Telehealth applications*. Departamento de Ingeniería y Arquitecturas Telemáticas, UPM, 2007.

[WPKI] *Public-key Infrastructure*. [http://en.wikipedia.org/wiki/Public-key\\_infrastructure](http://en.wikipedia.org/wiki/Public-key_infrastructure)

[IEEE330] VERES Stejarel. *A performance model and measurement framework for DiffServ implementations*. IEEE Transactions on instruments and measurements, Vol. 56, No. 4. Agosto, 2007.